

Grimmenstein, Isabelle

**Working Paper**

## Auswirkungen der aktiven Verkehrsmittelnutzung auf die menschliche Gesundheit. Ergebnisse studentischer Praktika (3)

Wuppertal Papers, No. 87

**Provided in Cooperation with:**

Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy

*Suggested Citation:* Grimmenstein, Isabelle (1998) : Auswirkungen der aktiven Verkehrsmittelnutzung auf die menschliche Gesundheit. Ergebnisse studentischer Praktika (3), Wuppertal Papers, No. 87, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-7273>

This Version is available at:

<http://hdl.handle.net/10419/49110>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*



Isabelle Grimmenstein

# Auswirkungen der aktiven Verkehrs- mittelnutzung auf die menschliche Gesundheit

Ergebnisse studentischer Praktika (3)

Nr.87 · Oktober 1998

ISSN 0949-5266

Wuppertal Papers

Wuppertal Papers ist eine Schriftenreihe in der Zwischenergebnisse von Studien und Untersuchungen veröffentlicht werden. Wissenschaftler und interessierte Personen sind mit der Lektüre der WP dazu eingeladen, den Autoren ihre kritischen Kommentare mitzuteilen.

An dieser Stelle möchte ich besonders Martin Lanzendorf danken, der diese Arbeit betreut und mit seinen Anregungen und Kritiken maßgeblich zur Entstehung beigetragen hat. Außerdem danke ich Susanne Böhler, Jörg Giesen, Rudolf Petersen und Klaus-Dieter Schlünder für die kritische Durchsicht des Manuskripts und weitere Korrekturvorschläge. Verbleibende Fehler gehen natürlich zu Lasten der Autorin.

Isabelle Grimmenstein

Wuppertal Paper Nr. 87 (1998)  
ISSN 0949-5266

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt und Energie**  
Döppersberg 19  
D-42103 Wuppertal  
Email: [info@wupperinst.org](mailto:info@wupperinst.org)  
www: <http://www.wupperinst.org>

# Auswirkungen der aktiven Verkehrsmittelnutzung auf die menschliche Gesundheit

## **Ergebnisse studentischer Praktika (3)**

*Isabelle Grimmenstein*

### Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	2
2 Bewegungsmangel und Haltungsschäden als Folge der Verkehrsmittelnutzung .....	3
2.1 Bewegungsmangel.....	4
2.2 Haltungsschäden.....	5
3 Streß und Wirkungen auf die Psyche.....	8
3.1 Der Streßmechanismus und seine gesundheitlichen Folgen.....	8
3.2 Streßbelastung bei der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel .....	10
3.3 Psychische Einflüsse der Verkehrsmittelnutzung.....	13
4 Schadstoffbelastungen während der Fortbewegung .....	14
4.1 Belastungen durch Schadstoffe aus der Umgebungsluft.....	14
4.2 Schadstoffbelastungen im Kraftfahrzeug durch Ausgasungen.....	18
5 Unfälle.....	20
6 Spezielle Zielgruppen: Auswirkungen der Verkehrsmittelnutzung auf Kinder und ältere Menschen.....	23
6.1 Folgen für Kinder .....	23
6.2 Folgen für ältere Menschen .....	24
7 Zusammenfassung.....	26
Literaturverzeichnis .....	29
Anhang.....	31

## 1 Einleitung

Die durch den motorisierten Verkehr verursachten Lärm- und Schadstoffbelastungen sowie Flächen- und Energieverbräuche sind zunehmend gut erforscht und werden als Schädigungen der natürlichen Mit- und Umwelt wahrgenommen. Trotz dieses verbreiteten Erkennens und Bewußtseins für Umweltprobleme ist in einigen Lebensbereichen - u.a. auch bei der Verkehrsmittelnutzung - gleichzeitig nur eine geringe oder partiell vorhandene Bereitschaft für (umwelt-) verantwortliches Handeln erkennbar.

Diekmann/Preisendörfer (1992) unterscheiden Handlungsbereiche, in denen umweltbewußtes Handeln relativ leicht möglich ist und auch umgesetzt wird, weil es keinen großen Aufwand und insbesondere keine großen Veränderungen der Lebensgewohnheiten erfordert (z.B. Abfalltrennung), sowie andere, wo umweltbewußtes Handeln einen Einschnitt in alltägliche Lebensgewohnheiten erforderlich machen würde (z.B. Verkehrsmittelwahl) und somit wesentlich schwerer fällt (Low- und High-Cost-Hypothese).

Ergänzen lassen sich diese Überlegungen dadurch, daß Umweltbewußtsein vermutlich nur selten das ausschlaggebende oder gar das einzige Motiv für Umwelthandeln ist. Normalerweise gibt es eine Vielzahl weiterer Motive, von denen solche wie „Kosten sparen“, „Bequemlichkeit“ oder „persönliche Annehmlichkeiten“ häufig einen größeren Einfluß auf die individuelle Entscheidung haben als das Motiv „Umwelt schonen“ (Littig 1995, S. 116).

Umweltbewußtsein und die Schaffung günstiger Rahmenbedingungen reichen damit nicht zur Realisierung umweltbewußten Handelns aus. Vielmehr müssen zur Erreichung von Umwelthandeln subjektive Vorteile der umweltschutzorientierten Handlungsalternative für das Individuum ersichtlich werden. Dies können Vorteile finanzieller Art sein - aber auch gesundheitsrelevante Aspekte des Umweltschutzes. Letztere sollen egoistische Motive (des Selbstschutzes) der Individuen mobilisieren:

„Umweltverschmutzung wird nicht in erster Linie deshalb zum Problem [für die Individuen, d. Verf.], weil es keine saubere, ungiftige/n Luft, Nahrungsmittel usw. gibt, sondern wegen ihrer gesundheitsgefährdenden Konsequenzen“ (Littig 1995, S. 127).

Diese Vorüberlegungen führen zu unserer Ausgangshypothese, daß Gesundheitsüberlegungen für individuelles Verkehrshandeln bedeutsam sein können und entsprechende Forschungsarbeiten notwendig sind.

Grundsätzlich lassen sich zwei Gruppen von Gesundheitsfolgen des Verkehrs trennen:

- erstens solche, die direkt mit der (eigenen) Nutzung von Verkehrsmitteln zusammenhängen, wie z.B. gesundheitliche Konsequenzen von Bewegungsmangel bedingt durch Auto- statt Fahrradfahrten, und
- zweitens solche, die „passiv“ aufgrund der Fortbewegung anderer erfahren werden, wie z.B. durch Schadstoff- und Lärmimmissionen.

In der vorliegenden Arbeit erfolgt eine Konzentration auf den ersten der beiden Aspekte, der in der bisherigen Mobilitätsdiskussion unterbelichtet erscheint. Es wird die Frage verfolgt: Welche direkten gesundheitlichen Auswirkungen sind aufgrund der aktiven Verkehrsmittelnutzung feststellbar?

Dabei wird in den folgenden Ausführungen der Gesundheitsbegriff der Weltgesundheitsorganisation (WHO) zu Grunde gelegt. Nach ihrer Definition bezeichnet Gesundheit nicht nur das Fehlen von Krankheit und Gebrechlichkeit, sondern auch den Zustand körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens (Kreisel 1996, S. 281).

Bei den unterschiedlichen Fortbewegungsmöglichkeiten wird auf die Nutzung des Autos, des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV), des Fahrrads und des Zufußgehens eingegangen.

Der vorliegende Bericht ist in sieben Kapitel untergliedert. Das anschließende zweite Kapitel behandelt zunächst die gesundheitlichen Folgen des durch das Autofahren geförderten Bewegungsmangels. Daran anknüpfend werden die Auswirkungen der körperlichen Haltung, die man jeweils bei der Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel einnimmt, dargestellt. Im dritten Kapitel wird zuerst der Streßmechanismus mit seinen möglichen gesundheitlichen Auswirkungen beschrieben, dann die Streßbelastung bei der Nutzung der Fortbewegungsmöglichkeiten erläutert und schließlich auf die durch die Fortbewegungsart bedingten psychischen Einflüsse und deren Konsequenzen eingegangen. Das vierte Kapitel befaßt sich mit der Belastung durch Schadstoffe in der direkten Umgebungsluft bei der jeweiligen Verkehrsmittelnutzung. Im fünften Kapitel werden die Unfallrisiken bei Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel als gesundheitliche Beeinträchtigung dargelegt. Das sechste Kapitel behandelt die Auswirkungen der Verkehrsmittelwahl auf Kinder und ältere Menschen als Beispiele für besonders empfindliche Bevölkerungsgruppen. Zum Abschluß werden im siebten Kapitel die Ergebnisse der Untersuchung zusammengefaßt.

## **2 Bewegungsmangel und Haltungsschäden als Folge der Verkehrsmittelnutzung**

Zunächst werden in diesem Kapitel die gesundheitlichen Folgen von Bewegungsmangel dargelegt und in Beziehung zur Nutzung verschiedener Verkehrsmittel gebracht. Anschließend werden in dem folgenden Unterkapitel die körperliche Haltung bei den diversen Fortbewegungsarten und deren gesundheitliche Auswirkungen diskutiert.

## 2.1 Bewegungsmangel

Der häufige Gebrauch von Kraftfahrzeugen für die zurückzulegenden Wege ist ein wesentlicher Grund, warum sich viele Menschen nicht ausreichend bewegen. Der durch das Autofahren geförderte Bewegungsmangel kann neben den möglichen Folgen fehlenden Streßabbaus, mit denen sich das folgende Kapitel 3 befaßt, weitere negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben.

Zu wenig Bewegung kann eine eingeschränkte Fettverwertung bewirken und dadurch das Entstehen von Übergewicht fördern (Blümcke 1995, S. 293), was wiederum verschiedene gesundheitliche Folgen haben kann. Es werden bei körperlichem Übergewicht die Bandscheiben zusätzlich strapaziert und das Risiko verschiedener Erkrankungen wie Bluthochdruck, Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit), Gicht (übermäßige Ansammlung von Harnsäure v.a. in den Gelenken) und Gefäßerkrankungen (v.a. Arteriosklerose) erhöht (Pschyrembel 1994, S. 465). Außerdem können sich bei körperlicher Inaktivität die Muskeln infolge verminderter Blutzufuhr und fehlender Beanspruchung zurückbilden (Blümcke 1995, S. 32). Ein Mangel an Bewegung ist für die Gelenke schädlich, denn dann bleiben die durch die Bewegung bedingten Druck- und Scherkräfte aus, die den Gelenkknorpel zur Regenerierung anregen. Im extremen Fall kann dies zu einer Degeneration des Knorpels führen (Arthrose) (Betz et al. 1991, S. 3-4). Zusätzlich können aufgrund der mangelnden Beanspruchung die Gelenkkapseln schrumpfen und die Bewegungsmöglichkeiten einschränken (Lippert 1993, S. 29). Wahrscheinlich ist ein Mangel an Bewegung auch allgemein Arteriosklerose fördernd (Blümcke 1995, S. 540).

Die alleinige Nutzung des ÖPNVs statt des Autos kann Bewegungsmangel auch nicht ausgleichen, aber das Zurücklegen von Wegen zu Fuß oder mit dem Fahrrad. Deshalb läßt sich annehmen, daß Menschen, die häufiger mit dem Fahrrad oder zu Fuß statt mit dem Auto unterwegs sind, allgemein über eine bessere Fitneß verfügen. Gerade das Radfahren stellt eine gute körperliche Ertüchtigung dar und kann sogar an die Stelle einer sonst betriebenen Ausgleichssportart treten (Reutter 1996, S. 114).

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob Menschen, die viel mit dem Fahrrad oder zu Fuß unterwegs sind, insgesamt ein ausgeprägteres Gesundheitsbewußtsein haben als jene, die in der Regel ihre anfallenden Wege überwiegend mit dem Auto zurücklegen, und sich demzufolge auch in anderen Lebensbereichen (z.B. der Ernährung) gesundheitsbewußter verhalten. Wenn dies zutreffen würde, könnte eine bessere gesundheitliche Verfassung solcher Personen nicht allein auf das Verkehrsverhalten zurückgeführt werden, und es stellt sich dann die Frage, inwieweit das Verkehrsverhalten zu einem besseren gesundheitlichen Zustand beiträgt oder ob nicht andere Faktoren dieses dominieren.

Häufiges Fahrradfahren oder Zufußgehen hat gegenüber dem Autofahren oder der Nutzung des ÖPNVs zusätzlich den Vorteil, daß das Unterwegssein bei jedem Wetter eine gesteigerte Immunabwehr bewirkt. Wenn man den verschiedenen Witterungseinflüssen ausgesetzt ist, wird das Immunsystem öfter gefordert und damit gestärkt, so daß es mit Infekten besser fertig wird (Reutter 1996, S. 114).

## 2.2 Haltungsschäden

Längeres Sitzen beim Autofahren kann dazu beitragen, die menschliche Gesundheit negativ zu beeinflussen. Viele Menschen gehen heutzutage Beschäftigungen nach, die im Sitzen ausgeübt werden. Zu den vielen Stunden, die man sitzend zum Ausführen verschiedener Tätigkeiten verbringt, kommt die Zeit hinzu, die man sitzender Weise im Auto unterwegs ist. Bei häufigem Sitzen können Kreuzschmerzen, Beschwerden im Schulter- und Nackenbereich, Kopfschmerzen und Verkrampfungen der Muskulatur auftreten (Weber 1984, S. 47).

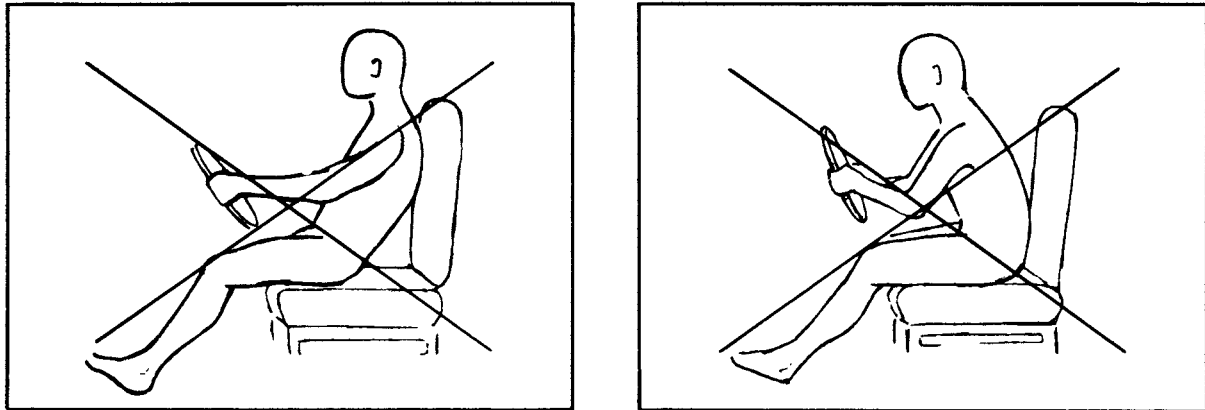
Beim Sitzen wird meist das Becken um ca. 30° nach hinten geneigt, was zur Folge hat, daß die Lendenwirbelsäule nicht mehr ihre ursprüngliche nach innen gekrümmte Form (Lordose) einnimmt. Der Druck auf die Bandscheiben wird höher und sie werden durch die ungleichmäßige Belastung geschädigt. Eine vornübergebeugte Sitzposition mit Rundrückenbildung ist besonders belastend. Bei einer monotonen Sitzstellung ist der für ihre Ernährung notwendige Flüssigkeitsaustausch beeinträchtigt, der über Diffusion stattfinden muß, da sie nicht durchblutet werden (Rosemeyer 1984, S. 70 ff.). Durch das Aufgeben der ursprünglichen Haltung der Wirbelsäule beim Sitzen verändert sich zusätzlich die Spannung der Bandscheiben, und sie werden gegenüber Erschütterungen empfindlicher. Vor allem bei häufigem und langem Autofahren können deshalb Bandscheibenschäden entstehen (Betz et al. 1991, S. 3-22). Weitere schmerzhafteste Folge einer regelmäßigen Belastung der Wirbelsäule kann Neuralgie (Schmerzsyndrom eines Nervs), insbesondere Ischialgie (Neuralgie des Ischias-Nervs) sein (Drabert 1992, S. 8). Deshalb sollte auch beim Autofahren darauf geachtet werden, eine möglichst aufrechte Sitzposition einzunehmen und eine Rundrückenbildung zu vermeiden. In der Abbildung 1 sind zwei belastende Sitzpositionen beim Autofahren dargestellt, bei denen die Wirbelsäule jeweils nach vorne gekrümmt wird.

Des Weiteren werden beim Sitzen die Muskeln stärker beansprucht, da sie statische Haltearbeit leisten müssen. Vor allem durch länger andauerndes Sitzen wird die Muskulatur überlastet. Besonders betroffen ist die Muskulatur des Schultergürtels und die Rückenmuskulatur. Bei statischer Haltearbeit werden die Muskeln schlechter durchblutet und infolgedessen schlechter mit Energie und Sauerstoff versorgt, was sich negativ auf sie auswirkt. Die Folge sind eine



schnellere Ermüdung der Muskeln und Muskelverhärtungen und -verspannungen (Drabert 1992, S. 11 f.).

**Abbildung 1: Rückenbelastendes Sitzen beim Autofahren (aus: Krämer o.J., S. 12)**



Durch Ermüdungserscheinungen betroffen ist beim Autofahren auch die am rechten Bein rechts neben der Schienbeinkante befindliche Muskelgruppe aufgrund gleichförmiger Stellung des Beins zur Einhaltung konstanter Gaspedalstellungen. Durch das Halten der Arme am Lenkrad wird der Muskulatur im Arm ebenso Haltearbeit abverlangt, und es kann folglich zur Ermüdung dieser und Beschwerden im Arm kommen (Müller-Limmroth 1984, S. 15).

Zusätzlich zu den Folgen der Belastung der Wirbelsäule und der Haltemuskulatur kann es zu Zirkulationsstörungen vor allem in den Beinen kommen, da beim Sitzen u.a. die Wirkung der Schwerkraft auf die Blutsäule geringer ist und die Muskeln zur Förderung der Durchblutung sich nicht häufig genug im Wechsel an- und entspannen (Muskelpumpe) (Drabert 1992, S. 13). Hierdurch werden Thrombosen begünstigt (Vester 1978, S. 40), und außerdem kann eine schlechte Durchblutung eine Anhäufung schädigender Substanzen im Körper bewirken, die Schmerzen verursachen können (Drabert 1992, S. 13).

Um den Ermüdungserscheinungen und der dauerhaften Belastung der Wirbelsäule etwas entgegenzuwirken, sollte im Auto für genügend Arm- und Beinfreiheit gesorgt werden (Weber 1984, S. 47). Auf längeren Strecken ist es außerdem angebracht, Pausen mit dynamischer Muskelaktivität einzulegen, indem man sich z.B. etwas die Beine vertritt (Müller-Limmroth 1984, S. 15). Eine Verbesserung der Situation beim Sitzen im Auto könnte durch einen sogenannten Bandscheibensitz erzielt werden, bei dem die Sitzhaltung entlastender für den Rücken ist.

Letztendlich stellt aber jede Art von Sitzen längerfristig eine körperliche Belastung dar.

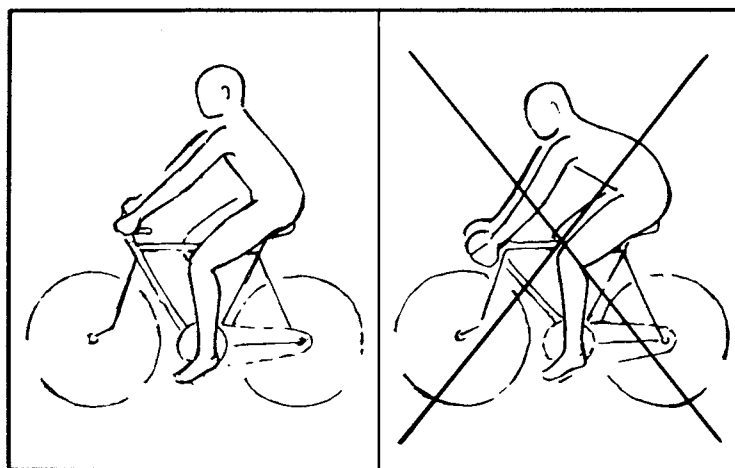
Das Benutzen des ÖPNVs alternativ zum Autofahren stellt auch keinen richtigen Ausgleich zum vielen Sitzen im Tagesablauf dar, da man dabei wieder sitzt oder unter Umständen steht und in

beiden Fällen die Bandscheiben wieder belastet werden und die Muskeln statische Haltearbeit leisten müssen.

Den ÖPNV zu nutzen, statt selber mit dem Auto zu fahren, bietet aber den Vorteil, daß man entspannter sitzen kann, vorausgesetzt, man hat einen Sitzplatz, da man gefahren wird und nicht auf den Verkehr zu achten braucht. Außerdem kann man seine Sitzposition besser ändern als beim Sitzen hinter dem Steuer im Auto. Das Zugfahren bietet zusätzlich die Möglichkeit, sich während der Fahrt die Beine vertreten zu können, was besonders auf längeren Reisen positiv zu bewerten ist.

Falsches Sitzen beim Fahrradfahren kann sich ebenso negativ auf die Wirbelsäule auswirken. Je gekrümmter der Rücken beim Radfahren, desto schlechter ist dies für die Wirbelsäule. Durch die Krümmung nach vorne wird ein sogenannter Rundrücken gebildet, bei dem die Bandscheiben ungleichmäßig belastet werden. Die möglichen Konsequenzen sind wie beim vornübergebeugten Sitzen. Als zusätzliche Belastung der Wirbelsäule und der Muskulatur im Nackenbereich kommt hinzu, daß der Kopf für den Blick geradeaus beim Rundrücken in den Nacken gelegt und die Halswirbelsäule dadurch unnatürlich nach hinten gebogen wird (Drabert 1992, S. 8).

**Abbildung 2: Richtiges und falsches Sitzen auf dem Fahrrad gemäß der „Bochumer Rückenschule“ (aus: Krämer o.J., S. 10)**



Richtig: Rücken gerade. Rumpf, Ober- und Unterschenkel bilden eine Stufenhaltung.

Falsch: Lenker zu weit unten. Kopf-in-Nackelage und Rundrückenbildung.

Ausschlaggebend für die Haltung auf dem Fahrrad ist die Ausrichtung des Lenkers. Man sitzt um so gekrümmter auf dem Rad, je niedriger der Lenker eingestellt ist. So ist z.B. ein Rennrad weniger günstig für die Wirbelsäule, da man auf diesem sehr weit vornübergebeugt sitzt, als ein City- oder Trekking-Rad, bei denen der Lenker wesentlich höher eingestellt ist. Insgesamt gilt das Fahrradfahren aber als rückenfreundliche Sportart.

In der Abbildung 2 ist dargestellt, wie man gemäß der „Bochumer Rückenschule“ richtig auf dem Fahrrad sitzt und wie man nicht sitzen sollte.

Neben einer falschen Haltung beim Fahrradfahren kann sich zusätzlich nachteilig auf die Gesundheit die oft mangelhafte Federung des Sattels auswirken. Sie kann nach einer Untersuchung von Eric Groß von der TU Hamburg-Harburg zu Schäden an Gelenken und Wirbelsäule und zu Durchblutungsstörungen führen. Laut Groß läßt sich dieser Nachteil von Fahrrädern durch angemessen gefederte Sättel ausgleichen, wie sie bei Mountain-Bikes (Fullsuspension-Bikes) schon länger Verwendung finden (Dachale 1997).

Ein falscher Lenker und Sattel kann des weiteren schädigend für die Knie sein.

Bei Vorliegen von Haltungsstörungen und schlecht ausgeprägter Rückenmuskulatur kann beim Zufußgehen die Wirbelsäule auch zusätzlich belastet werden (Betz et al. 1991, S. 3-21 f.). Gesundheitsrelevant sind beim längeren Zufußgehen außerdem das verwendete Schuhwerk und der Untergrund, auf dem man geht. Zu hohe Absätze an den Schuhen können z.B. Fehlhaltungen fördern (Krämer o.J., S. 8) und zu einer schnelleren Ermüdung der Beine und Füße führen. Günstiger ist es außerdem auf einem Untergrund zu laufen, der weicher ist und Unebenheiten enthält (wie z.B. ein Waldboden im Gegensatz zum harten Asphalt in den Städten). Auf asphaltierten Wegen sind die Bewegungen und die Haltung gleichförmiger, und die Wirbelsäule ist Erschütterungen aufgrund des härteren Untergrundes stärker ausgesetzt, was auf die Dauer belastender wirkt. Allgemein gilt Zufußgehen jedoch als natürlichste Fortbewegungsart und stellt gerade zu dem vielen Sitzen heutzutage einen guten Ausgleich dar.

### **3 Streß und Wirkungen auf die Psyche**

In diesem Kapitel wird zuerst der Streßmechanismus im menschlichen Körper mit seinen möglichen Auswirkungen auf die Gesundheit erläutert. Anschließend wird die Streßbelastung bei der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel behandelt und abschließend auf psychische Einflüsse bei den verschiedenen Mobilitätsformen eingegangen, die zum Teil mit der Streßbelastung verknüpft sind.

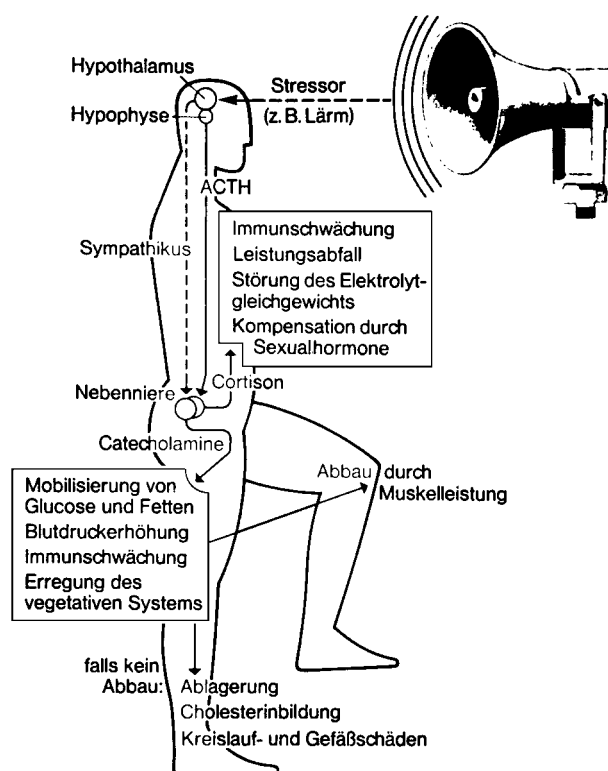
#### **3.1 Der Streßmechanismus und seine gesundheitlichen Folgen**

Streß ist ein Zustand der Anspannung des Organismus mit speziell ablaufenden Reaktionsmechanismen im menschlichen Körper, der durch verschiedenartige unspezifische Reize ausgelöst werden kann. Diese streßerzeugenden Reize werden als Stressoren bezeichnet und

können z.B. Lärm, Reizüberflutung, Schmerzreize, sensorische Reizdeprivation (Reizentzug), Monotonie, Leistungsüberforderung und soziale Stressoren wie Isolation und Entscheidungskonflikte sein. Sie haben aber abhängig von der persönlichen Veranlagung, der gegebenen Situation und der personenspezifischen Bewertung unterschiedliche Wirkungen auf das Individuum (Altkrüger, Bock 1992, S 21 f.).

Bei der Streßreaktion als Antwort des Körpers auf Stressoren werden in sekundenschnelle Energiereserven für eine extreme Muskelleistung mobilisiert. Der Ablauf der Streßreaktion ist schematisch in der Abbildung 3 dargestellt.

**Abbildung 3: Der Streßmechanismus (aus: Müller-Limmroth 1984, S. 20)**



Zunächst wird der durch den Stressor ausgelöste Impuls zu einem Teil des Zwischenhirns, dem Hypothalamus, geleitet. Von dort wird die Erregung über den Sympathikus, der Teil des vegetativen Nervensystems ist, zur Nebenniere weitergeleitet. Dies hat eine Ausschüttung der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin (Streßhormone) aus dem Nebennierenmark in die Blutbahnen zur Folge, die vor allem eine Beschleunigung des Herzschlags und damit des Pulses, eine Erhöhung des Blutdrucks und eine Mobilisierung der Zucker- und Fettreserven bewirken.

Gleichzeitig wird bei der Streßreaktion die Hypophyse (Hirnanhangdrüse) aktiviert, die dann das Hormon ACTH in die Blutbahnen abgibt, das zeitlich etwas verzögert auch zur Nebenniere gelangt und dort die Ausschüttung von Hormonen aus der Nebennierenrinde wie dem Cortisol

bewirkt. Verdauungs- und Sexualfunktionen und die Immunabwehr werden als Folge vermindert, da diese Funktionen im Moment der Gefahr sekundär sind und auf diese Weise die ganze Energie für die Muskelaktivität zur Verfügung steht. Zusätzlich werden die Blutgerinnungsfaktoren gesteigert, damit bei eventuellen Verletzungen die Wunden schneller geschlossen werden. Des Weiteren führt der Streßmechanismus zu Denkblockaden, weil Nachdenken in Streßsituationen nur unnötig Zeit kosten würde (Vester 1978, S. 19 ff., 46 ff.).

Der Streßmechanismus hat sich für den Menschen über viele Jahrtausende hinweg als lebenserhaltend erwiesen. Bei wahrgenommenen möglichen Gefahren wurde der Körper in Alarmbereitschaft versetzt und dahingehend mobilisiert, entweder anzugreifen oder die Flucht ergreifen zu können.

Durch unsere heute veränderte Lebensform hat der Streßmechanismus in vielen Situationen seine existenzsichernde Wirkung verloren, und der anfallende Streß kann aufgrund von gesellschaftlichen Normen nicht abregiert werden. In einer Prüfungssituation z.B. ist man Streß ausgesetzt, aber man kann weder einfach flüchten noch den Prüfer „zusammenschlagen“. Die bei einer Streßreaktion mobilisierte Energie kann folglich oft nicht umgesetzt werden. Häufig ist man heutzutage auch zu lange und zu vielen Stressoren ausgesetzt, so daß die Streßreaktion zu intensiv erfolgt und die biologischen Regelungsmöglichkeiten überschritten werden. Diese Umstände und das Ausbleiben des Streßabbaus durch fehlende Muskelaktivität können eine Reihe von gesundheitsschädlichen Folgen für den menschlichen Körper nach sich ziehen.

So werden die im Blut freigesetzten Fette, bedingt durch den Bewegungsmangel nicht verbraucht, sondern in Cholesterin umgewandelt und in die Gefäße eingebaut, was Gefäßschäden und Arteriosklerose fördert. Die Beschleunigung der Herztätigkeit hat zur Folge, daß sich die Versorgung des Herzens mit Nährstoffen und Sauerstoff verschlechtert. Diese Beeinträchtigungen des Herzens können bis zum Infarkt führen, bei dem ein Teil der Herzmuskulatur abstirbt. Des Weiteren kann die Erhöhung der Blutgerinnungsfaktoren die Thromboseneigung verstärken. Bedingt durch die herabgesetzte Immunabwehr wird die Infektanfälligkeit erhöht. Es können Entzündungen des Magens und Magen-Darmgeschwüre im Laufe der Zeit entstehen. Der Hormonhaushalt kann aus seinem Gleichgewicht gebracht werden, was Störungen der Sexualfunktion zur Folge haben kann wie z.B. Zyklusstörungen bei der Frau. Es können außerdem als psychische Folgen Denk- und Lernschwierigkeiten auftreten (Vester 1978, S. 45 f.).

### **3.2 Streßbelastung bei der Nutzung verschiedener Verkehrsmittel**

Besonders beim Autofahren wird der Mensch durch Streß auf zweifache Weise belastet. Einerseits ist er einer Fülle von Stressoren ausgesetzt, die Streßreaktionen im Organismus

auslösen, und andererseits wird der entstandene Streß aufgrund von mangelnder körperlicher Bewegung beim Autofahren nicht abgebaut. So wirken z.B. optische Signale, Lärm, schlechte Fahrbahnbedingungen und Witterungsverhältnisse wie Nebel, Glatteis und Schneefall, Vibration und eine hohe Verkehrsdichte als Stressoren (Vester 1978, S. 37).

Besonders im dichten Stadtverkehr ist der Pkw-Fahrer großen Belastungen ausgesetzt. Es wird dem Fahrer eine erhöhte Aufmerksamkeit abverlangt, und er ist einer großen Vielfalt von Reizen ausgesetzt, so daß es bei ihm zur Reizüberflutung kommen kann. Diese resultiert in intensiven und gehäuft auftretenden Streßreaktionen, die aufgrund der mangelnden körperlichen Aktivität hinter dem Steuer nicht richtig abreagiert werden können. Durch das Gasgeben, Bremsen, Lenken und Schalten wird zwar auch etwas körperliche Arbeit verrichtet, die aber nur sehr leicht ist und zum Streßabbau nicht ausreicht. Die Intensität der Streßbelastung hängt außerdem von der Fahrerfahrung ab. Ein Fahranfänger fühlt sich z.B. wesentlich schneller im Straßenverkehr überfordert und dadurch gestreßt als ein Autofahrer mit jahrelanger Fahrpraxis, der Verkehrssituationen besser einschätzen kann und über Routine verfügt.

Entscheidenden Anteil an der Streßbelastung beim Autofahren haben die Geschwindigkeit und die Anzahl der Überholmanöver. In medizinischen Untersuchungen konnte ein Anstieg der Pulsfrequenz des Fahrers bei Erhöhung der Geschwindigkeit und bei Überholmanövern während des Autofahrens nachgewiesen werden, was in einer Unterversorgung des Herzens mit Sauerstoff resultieren kann (Müller-Limmroth 1984, S. 23 ff.).

Es wurde auch in Versuchen gezeigt, daß selbst das Schalten einen Streßfaktor darstellt und zu einer Erhöhung des Pulses und des Atem/Minuten-Volumens beiträgt, verglichen mit dem Fahrer eines automatikgetriebenen Fahrzeugs (Vester 1978, S. 39).

Das Autoradio kann abhängig von seiner Lautstärke und der Art des eingestellten Programms ebenfalls als Stressor wirken und den Fahrer in seiner Konzentrationsfähigkeit beeinträchtigen, was sein Unfallrisiko erhöht. So wurde in medizinischen Experimenten gezeigt, daß mit steigender Lautstärke des Autoradios die Konzentration des Fahrers immer stärker abnimmt (Müller-Limmroth 1984, S. 26 f.).

Zusätzlich kann der Fahrer in seiner Konzentration durch Fahrgeräusche, die vor allem bei höheren Geschwindigkeiten oder geöffnetem Fenster lauter sind, beeinträchtigt werden. Es sei aber an dieser Stelle angemerkt, daß die beim Fahren entstehenden Geräusche wie vom Motor oder dem Luftwiderstand unter normalen Bedingungen nicht als gehörschädigend zu beurteilen sind (Bernhardt 1984, S. 127 ff.). Das Gehör kann eher von einem dauerhaft zu laut eingestellten Autoradio beeinträchtigt werden.

Des weiteren wird der Mensch beim Autofahren nicht nur durch die verschiedenen auf ihn einströmenden Reize belastet, sondern auch durch Stressoren psychischer Art wie Ärger über andere Verkehrsteilnehmer, Frust bei der Parkplatzsuche, Hektik, Bedrängung durch andere

Autofahrer (z.B. Drängler auf der Autobahn), Käfiggefühle in Kolonnen und Unfallangst (Vester 1978, S. 39). Durch derartige Faktoren können Aggressionen entstehen, die zu Streßbelastungen führen und Herzinfarkte begünstigen.

Beim Autofahren können außerdem aggressive Veranlagungen zum Vorschein treten und gefördert werden, wodurch die Streßbelastung verstärkt wird. In einer Studie in den USA mit 516 Patienten, die einen Herzinfarkt hatten und Verhaltensweisen wie Zeitgejagtheit, Aggressionsbereitschaft und Karrierestreben an den Tag legten, wurden diese nach ihrem Fahrstil befragt. Fast alle (506) gaben an, sogenannte „hard-drivers“ zu sein, d.h. sie lebten ihre aggressiven Eigenschaften beim Autofahren aus (Theml 1986, S. 150 f.).

Letztendlich können durch ständigen Streß, dem man bei regelmäßigem Autofahren ausgesetzt ist, die im Kapitel 3.1 beschriebenen gesundheitlichen Folgen gefördert werden und längerfristig in Erscheinung treten. So wurde z.B. in einer dänischen Studie nachgewiesen, daß Busfahrer, die ständig dichtem Verkehr ausgesetzt waren, ein viel höheres Herzinfarktisiko hatten als ihre Kollegen, die durch ruhigere Gebiete fuhren (Netterstrom, Juel 1988, S. 231 ff.).

Gesundheitsbedrohend wirken zusätzlich die durch Streßsituationen hervorgerufenen Denkblockaden, gekoppelt mit reflexartigen Bewegungen, die den Fahrzeugführer oft nicht vor einer Gefahr bewahren, sondern im Gegenteil noch dessen Situation verschlimmern und unfallverursachend wirken können (Vester 1978, S. 24).

Beim Fahren auftretende Streßsituationen tragen außerdem dazu bei, daß man sich anschließend abgespannt fühlt, da bei der Streßreaktion zusätzliche Energie für körperliche Arbeit mobilisiert wird. Die Folge ist, daß die Motivation zur Bewegung geringer wird, obwohl man sich gar nicht richtig körperlich betätigt hat. Es kommt außerdem hinzu, daß der Bewegungsdrang durch die subjektiv wahrgenommene Bewegung des Autos als scheinbare Eigenbewegung gestillt wird (Vester 1978, S. 120, 181 f.).

Die Benutzung des ÖPNVs wird dagegen oft streßfreier als das Fahren mit dem eigenen Auto erlebt. Dadurch, daß man gefahren wird, muß man sich nicht auf den Verkehr konzentrieren und kann derweilen verschiedenen Tätigkeiten nachgehen. Man muß nicht so viele Informationen aufnehmen und verarbeiten, als wenn man selber Auto fährt, so daß man nicht so extrem mit Reizen überflutet wird (Reutter 1996, S. 115).

Andererseits können natürlich - je nach persönlicher Veranlagung - verschiedene Faktoren beim ÖPNV als stressig empfunden werden: etwa die Angst die Bahn oder den Bus zu verpassen, die Angst vor Zuspätkommen bei Unpünktlichkeit des Transportmittels, Gefühle der Beengung, der Ärger über andere Fahrgäste, usw. Insgesamt dürfte aber in der Regel die Streßbelastung beim Autofahren aufgrund der oben dargestellten Bedingungen überwiegen.

Für Radfahrer ist anzunehmen, daß sie weniger von gesundheitsschädigenden Auswirkungen durch Streß betroffen sind als Autofahrer, denn der bei ihnen im Straßenverkehr anfallende Streß kann durch die körperliche Arbeit, die diese leisten, direkt abgebaut werden.

Ähnliches gilt auch für den Fußgänger, der durch seine Bewegung ebenso anfallenden Streß kompensieren kann.

### **3.3 Psychische Einflüsse der Verkehrsmittelnutzung**

Es ist schwierig in Zusammenhang mit der Verkehrsmittelnutzung von psychischen Krankheiten zu reden. Die verschiedenen Mobilitätsarten haben aber durchaus einen Einfluß sowohl positiver als auch negativer Art auf die menschliche Psyche. Die Wirkungen auf die Psyche können nicht nur die Gemütslage verändern, sondern auch Konsequenzen für den menschlichen Körper haben, so daß insgesamt das allgemeine Befinden und somit die Gesundheit beeinflußt werden.

Autofahren kann die Isolation der Menschen fördern. Viele Menschen, die mit dem Auto unterwegs sind, fahren alleine (Theml 1986, S. 151). Bei Benutzung des ÖPNVs kommt man dagegen gelegentlich mit anderen Leuten ins Gespräch, was Abwechslung und soziale Kontakte bringt und somit positiv auf das Wohlbefinden wirkt (Reutter 1996, S. 115 f.).

Nach Angaben des amerikanischen Psychologen Mihaly Csikszentmihaly an der Universität Chicago kann Autofahren andererseits glücklich machen (Die Weltwoche 1995). Im Rahmen seines Forschungsprojektes fand er heraus, daß Autofahren diejenige Tätigkeit im Alltag war, bei der die Versuchspersonen die beste Stimmung hatten. Csikszentmihaly führt dies darauf zurück, daß Autofahren eine Tätigkeit ist, bei der sich die Menschen zwar herausgefordert, aber nicht überfordert fühlen. Neben den Empfindungen von Stärke, Konzentriertheit und Glück, die die Menschen beim Autofahren haben, fühlen sie sich im Auto freier und kreativ, da sie während der Fahrt in Ruhe über ihr Leben und andere Dinge nachdenken können, denn beim Fahren wird oft nur ein Teil der Aufmerksamkeit in Anspruch genommen. Diese Funktion kann aber auch ein Spaziergang übernehmen.

Bei dichtem Verkehr und Stau ist die Stimmung in der Regel nicht so gehoben, weil die Anzahl der Stressoren zunimmt.

Die Ergebnisse der Studie sind aber nicht ohne weiteres direkt auf Europa zu übertragen, weil die Verkehrssituation in den USA anders als in Europa ist. In Amerika wird meist entspannter gefahren, und in Europa ist die Verkehrsdichte häufig wesentlich höher (Die Weltwoche 1995).

Das Auto kann des weiteren Sicherheit vermitteln. Einige Nutzer des ÖPNVs, und zwar mehr Frauen als Männer und oft mit höherem Alter, geben an, in den Abend- und Nachtstunden Angst zu haben. Als Unsicherheitsfaktoren gelten vor allem der Weg zur Haltestelle und die



Station selber. Als beängstigend wird eine schlechte Beleuchtung der Haltestelle empfunden, wenn sie unterirdisch angelegt ist oder sich wenige Menschen dort aufhalten. Im Auto hingegen fühlen sich viele sicherer, obwohl dies nicht unbedingt gerechtfertigt sein muß (Jeschke 1994, S. 139 ff.).

Auch beim Fahrradfahren oder Zufußgehen können positive Gefühle entstehen. So kann man aufgrund der geringeren Geschwindigkeit die Umwelt viel bewußter und unmittelbarer erleben (Reutter 1996, S. 111 ff.). Das Fahrradfahren kann vor allem bei Wind und Wetter als sportliche Herausforderung empfunden werden und den Menschen mit Stolz erfüllen, wenn er sie bezwungen hat (Reutter 1996, S. 95 f.).

## **4 Schadstoffbelastungen während der Fortbewegung**

Im ersten Teil dieses Abschnitts wird die Belastung durch Schadstoffe in der Umgebungsluft der verschiedenen Verkehrsteilnehmer behandelt. Gegenstand des zweiten Abschnitts ist die spezielle Schadstoffbelastung im Auto bedingt durch Ausgasungen diverser Materialien.

### **4.1 Belastungen durch Schadstoffe aus der Umgebungsluft**

Nicht nur als Anwohner einer stark befahrenen Straße ist man Schadstoffen aus der Luft besonders ausgesetzt, die beeinträchtigend auf die Gesundheit wirken, sondern gerade auch als Insasse eines Kraftfahrzeugs, dessen sich viele oft nicht richtig bewußt sind. Teilweise liegen die Schadstoffkonzentrationen innerhalb des Fahrzeugs sogar über denen der Umgebungsluft. Besonders bei dichtem Verkehr, Stau und Tunnelfahrten steigen die Konzentrationen im Inneren. Verstärkt wird die Anreicherung der Schadstoffe durch das im Auto geringe zur Verfügung stehende Luftvolumen (Mücke 1984, S. 157).

Die Schadstoffkonzentration im Innenraum hängt wesentlich von der Konzentration in der unmittelbaren Umgebungsluft ab, da die sogenannte Frischluft, die durch die Lüftung in das Innere des Autos gelangt, direkt aus der Umgebung des Fahrzeugs stammt. Bestimmt wird die Konzentration der Schadstoffe in der Umgebungsluft von den Abgasen der die Fahrbahn nutzenden Verkehrsmittel.

Näher untersucht wurde in Studien vor allem die Belastung von Kfz-Insassen mit den gesundheitsschädlichen Gasen Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) im Vergleich zu anderen Verkehrsteilnehmern. Die Eigenschaften und gesundheitlichen Wirkungen dieser Stoffe sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

**Tabelle 1: Eigenschaften und Wirkungen von Kohlenmonoxid und Stickoxiden auf den menschlichen Organismus (nach: Baumbach 1992, S. 150)**

Schadstoff	Eigenschaften	Wirkung
Kohlenmonoxid (CO)	farb-, geruch- und geschmackloses Gas	Dauerkonzentration von 0,05 Vol.-% in der Luft wirkt tödlich, da es die Sauerstoffaufnahme im Blut blockiert, bei geringeren Konzentrationen Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, neuropsychische Störungen, Kreislaufstörungen
Stickoxide (NO, NO <sub>2</sub> )	NO: farb- und geruchloses Gas NO <sub>2</sub> : braunrotes, oxidierend wirkendes Gas	greifen Schleimhäute der Atmungsorgane an, begünstigen Katarrhe und Infektionen

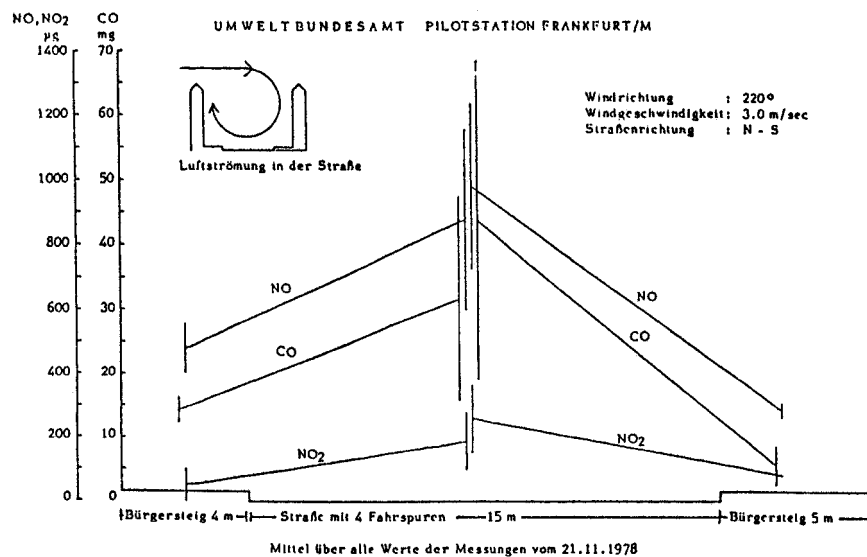
Für CO, NO und NO<sub>2</sub> wurde bei Messungen gezeigt, daß deren Konzentrationen im Fahrzeuginneren und in der direkten Außenluft im Durchschnitt vergleichbar sind (Mücke 1984, S. 159). CO und NO haben einen wichtigen Anteil an den Autoabgasen, und NO<sub>2</sub> ist vor allem ein bedeutendes Folgeprodukt der Abgase. Es entsteht aus NO, das mit dem Sauerstoff der Luft reagiert.

Des Weiteren wurde bei Messungen festgestellt, daß der horizontale Konzentrationsgradient von Schadstoffen von der Straßenmitte zum Bürgersteig hin abnimmt. In Abbildung 4 ist solch ein horizontaler Konzentrationsgradient für eine vierspurige Straße in Frankfurt am Main für die drei Stoffe CO, NO und NO<sub>2</sub> dargestellt. Die Messungen beziehen sich jeweils auf 1 m<sup>3</sup> Luft. Die der Graphik zugrundeliegenden Messungen stammen zwar aus dem Jahr 1978, aber die Ergebnisse dürften auch heute noch in etwa ihre Gültigkeit haben.

Wie man aus der Abbildung 4 ersieht, nehmen die Konzentrationen in der Luft von der Straßenmitte nach außen zum Bürgersteig hin im Mittel ab. Es ist aber zu berücksichtigen, daß gemäß den Standardabweichungen die einzelnen Werte auch wesentlich höher oder niedriger liegen können, so daß die Konzentrationen in der Mitte auch gelegentlich unterhalb denen am Straßenrand liegen könnten. Dies ist speziell für NO<sub>2</sub> möglich, da u.a. aus NO neues NO<sub>2</sub> gebildet werden kann. Beim Vergleich der Mittelwerte aus der Graphik ergibt sich für CO und NO in der Straßenmitte eine etwa dreifach höhere Konzentration gegenüber dem Bürgersteig und für NO<sub>2</sub> eine um den Faktor 1,5-2 erhöhte Konzentration (Rudolf 1986, S. 228 f.)

Die erhöhte Konzentration in der Fahrbahnmitte hat zur Folge, daß die Schadstoffkonzentration im Fahrzeuginnenraum auch dementsprechend deutlich höher ist als am Straßenrand und auf dem Bürgersteig.

**Abbildung 4: Konzentrationsgradient zwischen Straßenmitte und Bürgersteig einer vierspurigen Straße in Frankfurt a.M., 21.11.1978 (aus: Rudolf 1986, S. 229)**



Andere Untersuchungen bestätigen dieses Ergebnis. Es wurde z.B. bei Messungen an unterschiedlichen Straßentypen festgestellt, daß die Konzentration von CO und NO<sub>x</sub> (NO und NO<sub>2</sub> zusammengefaßt) auf dem Bürgersteig um ca. 40-60 % unter denen des Kfz-Innenraums liegt, was einen erheblichen Unterschied darstellt (Rudolf 1986, S. 228).

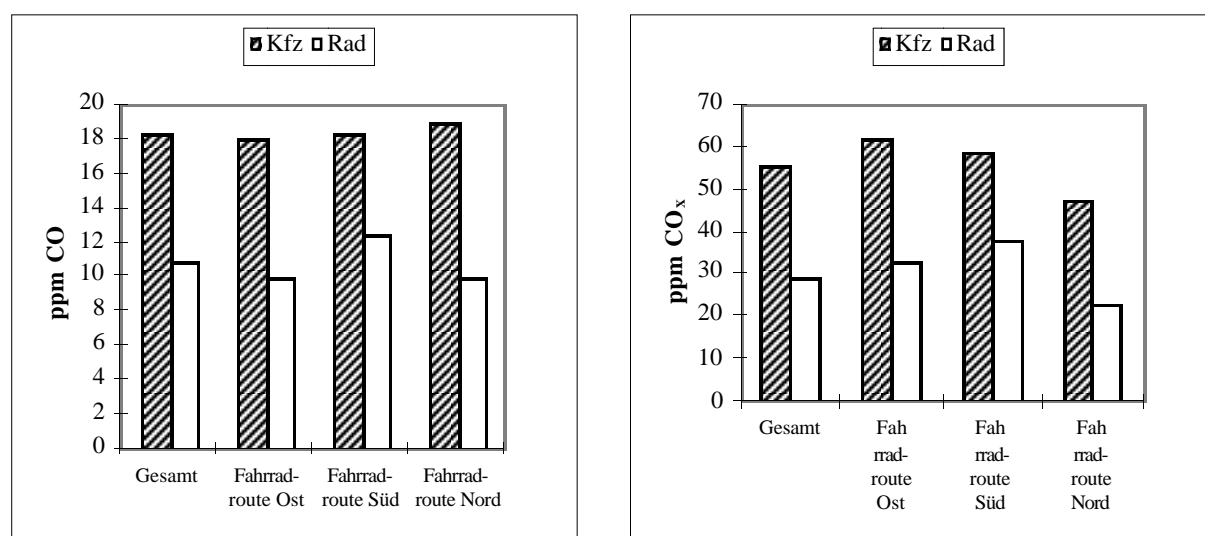
Neben den horizontalen Konzentrationsgradienten von Schadstoffen gibt es auch vertikale Konzentrationsgradienten. So ist z.B. die CO-Konzentration in Kindernasenhöhe größer als in der Atemhöhe von Erwachsenen. Bei speziellen Untersuchungen konnte aber kein signifikanter Einfluß des vertikalen Konzentrationsgradienten durch Variation der Frischluft-Absaughöhe auf die Abgaskonzentration im Fahrzeuginneren festgestellt werden (Mücke 1984, S. 158).

Bei vergleichenden Untersuchungen zwischen Radfahrern und Pkw-Insassen wurde ermittelt, daß auf der selben Strecke die Radfahrer einer um 50-60 % geringeren Schadstoffkonzentration als die Pkw-Insassen ausgesetzt sind (Rudolf 1986, S. 230). Dabei wurde die Abgaskonzentration am Fahrbahnrand und im Pkw-Innenraum jeweils in Nasenhöhe des Radfahrers und des Pkw-Fahrers gemessen. Die Ergebnisse der Untersuchung sind in Abbildung 5 dargestellt. Die gemessenen CO- und NO<sub>x</sub>-Werte, die auf verschiedenen Routen ermittelt wurden, sind in pars per million (ppm) angegeben.

Für Fußgänger läßt sich aus diesen Ergebnissen folgern, daß sie im Vergleich zu Pkw-Fahrern einer geringeren Schadstoffkonzentration ausgesetzt sind und höchstens dem selben prozentualen Anteil wie Radfahrer (wahrscheinlich sogar einem geringeren), da sie sich in der Regel auf dem noch weiter von der Fahrbahnmitte entfernten Bürgersteig aufhalten.

Insbesondere für Radfahrer ist es aber schwierig zu beurteilen, ob sie aufgrund der geringeren Abgaskonzentrationen weniger durch diese gesundheitlich belastet werden als Pkw-Insassen, da sie wegen der körperlichen Anstrengung eine höhere Atemfrequenz und ein größeres Atemvolumen haben als die Pkw-Insassen und folglich die Abgase intensiver einatmen (Rudolf 1986, S. 231).

**Abbildung 5: Gegenüberstellung der Mittelwerte der Immissionsbelastung von Kfz-Insassen und Radfahrern auf stark befahrenen Pendler Routen in Frankfurt a.M., April-Juni 1983 (aus: Mücke 1984, S. 159)**



Neben Kohlenmonoxid (CO) und Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) sind noch andere gesundheitsbeeinträchtigende Substanzen wie Benzol (zu Eigenschaften und Wirkungen siehe auch Tabelle 2) und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in den Abgasen enthalten, die sich ebenso im Fahrzeuginnenraum anreichern können. Es lassen sich in Autoabgasen über 150 verschiedene PAH nachweisen, von denen viele als krebserregend gelten (Theml 1986, S. 148).

Einen Hinweis auf die gesundheitsschädigende Wirkung von Schadstoffen im Kraftfahrzeuginneren gab eine amerikanische Studie, bei der eine signifikant höhere Lungenkrebsrate bei Lastkraftwagenfahrern festgestellt wurde. In Verdacht stand als Auslöser Diesel-Benzpyren, ein polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff (Theml 1986, S. 148).

Für den ÖPNV können basierend auf der ausgewerteten Literatur keine eindeutigen Aussagen über die Schadstoffbelastung in den Fahrzeuginnenräumen getroffen werden. Die Situation im Innenraum von Bussen während der Fahrt mag ähnlich sein, wie bei Pkws. Es ist aber zu berücksichtigen, daß ein größeres Luftvolumen bedingt durch den größeren Raum zur Verfügung steht.

Bei elektrisch betriebenen S-Bahnen und Zügen wird die Situation bezüglich der Schadstoffkonzentration im Innenraum günstiger sein als im Auto, da diese einerseits ein großes Luftvolumen zur Verfügung haben und andererseits selber keine Abgase erzeugen, die unmittelbar ins Innere gelangen könnten. Außerdem fahren die Züge meist abseits von Straßen, wo die Schadstoffkonzentrationen in der Luft wesentlich geringer sind als auf dicht befahrenen Straßen.

## **4.2 Schadstoffbelastungen im Kraftfahrzeug durch Ausgasungen**

Die Schadstoffkonzentration im Kraftfahrzeugraum wird nicht nur von den von außen einströmenden Abgasen bestimmt, sondern auch von den Ausgasungen gesundheitsschädlicher Stoffe aus treibstoffführenden Teilen und verschiedenen im Kraftfahrzeug verwendeten Materialien. Aufgrund des begrenzten Luftvolumens und eingeschränkter Lüftung können sich diese im Innenraum anreichern (vgl. zu den folgenden Abschnitten Eschment 1992, S. 6 f.).

Besonders während des Parkens steigt wegen mangelnder Belüftung die Konzentration der ausgasenden Stoffe im Fahrzeuginnenraum erheblich an. Vor allem in neuen Autos und bei hohen Temperaturen sind die Ausgasungen besonders groß.

Ein großer Teil der Ausgasungen stammt aus den diversen im Auto vorkommenden Kunststoffen, deren Anteil immer größer wird und z.B. zur Verkleidung von Türen, beim Armaturenbrett, Lenkrad und bei Sitzpolstern Verwendung finden. Oft beruhen die giftigen Stoffe nicht auf den Kunststoffen selber, sondern auf Zusatzstoffen wie Weichmacher und Schäumstoffe. Aufgrund der unterschiedlichen Kunststoffrezepturen verschiedener Hersteller kann die Konzentration der ausgasenden Stoffe in Fahrzeugen ganz unterschiedlich sein. Benzol ist ein weiterer giftiger Stoff, der im Benzin enthalten ist und aus dem Tank und den Treibstoffleitungen in den Fahrzeuginnenraum dringt.

Auch aus in Autos verwendeten Naturmaterialien wie z.B. Wolle für Teppiche, Leder für Sitze und Holz für Armaturenbretter können giftige Stoffe ausgasen, da diese u.a. zur Haltbarmachung mit Chemikalien behandelt werden.

Bei Raumlufmessungen konnten Wissenschaftler in Deutschland insgesamt 24 chemische Verbindungen in Autoinnenräumen nachweisen und in einer amerikanischen Studie angeblich sogar 500 (Eschment 1992, S. 6 f.).

Zusätzlich zu den Einzelwirkungen können zwischen den Substanzen Wechselwirkungen auftreten, so daß unter Umständen die schädigende Wirkung einzelner Stoffe verstärkt wird. Solche Wechselwirkungen sind aber noch nicht erforscht.

Empfindliche Menschen können auf die ausgasenden Stoffe u.a. mit Kopfschmerzen, Augenbrennen, Allergien und Unwohlsein reagieren.

In der Tabelle 2 sind die bedeutendsten ausgasenden Stoffe aus dem Treibstoff und den im Auto vorkommenden Materialien mit deren Verwendungszweck und Wirkung zusammengefaßt.

**Tabelle 2: In den Kfz-Innenraum ausgasende Stoffe aus Treibstoff und Materialien mit deren Eigenschaften, Verwendungszweck und Wirkung (aus: Eschment 1992, S. 7)**

Schadstoff	Eigenschaften	Einsatz bzw. Vorkommen	Wirkung
Benzol	einfachster aromatischer Kohlenwasserstoff, farblose, brennbare, charakteristisch riechende Flüssigkeit	etwa zu 1-5 m% im Benzin enthalten <sup>1)</sup>	Dämpfe führen beim Einatmen zu Schwindel, Kopfschmerzen, Atemlähmung, Onkogen, Leukämie auslösend
Toluol	Methylderivat des Benzols, farblos, brennbar	in Lösungsmitteln (Farben, Lacke, Kleber), Benzinbestandteil	Schleimhautreizungen, Störungen des Nervensystems, möglicherweise Gefahr für Schwangere (Fruchtschädigung)
Xylol	Aromatischer Kohlenwasserstoff	in Lösungs- und Verdünnungsmitteln, Benzinbestandteil	Kopfschmerzen, Schwindel, Brechreiz, Rausch- und Erregungszustände, wird auf Krebsgefahr untersucht
Ethylbenzol	Aromatischer Kohlenwasserstoff	Lösungsmittel, Grundstoff für Styrol	Schleimhautreizungen, Hautreizungen, narkotisierend
Vinylchlorid	farblos, sehr reaktiv	zur Herstellung des Kunststoffs PVC, als PVC-Folien in Autos (Ausgasungen heute kaum noch nachzuweisen)	Ausgangsstoff krebserregend, bei PVC-Verbrennung entstehen Salzsäure und hochgiftige Dioxine
Isocyanate	Salze und Ester der Isocyansäure, sehr reaktionsfreudig	zur Produktion des Kunststoffs Polyurethan - Lenkräder und Konsolen im Auto	bei Ausgasung Allergien, Schleimhautreizungen, Unwohlsein
Diamine	Abbauprodukte der Isocyanate	entstehen bei Reaktion mit Luftfeuchtigkeit	bei Ausgasung Schleimhautreizung, möglicherweise krebserregend
DEHP	Esterverbindung	als Weichmacher in Polyurethanen und PVC	schädigt die Nerven, möglicherweise krebserregend
Formaldehyd	farbloses, stechend riechendes Gas	als Konservierungsmittel bei der Holzbehandlung, Rohstoff für Kunststoffe	Schleimhautreizungen, Unwohlsein, begünstigt Allergien, möglicherweise krebserregend
Styrol	Kohlenwasserstoff	zur Herstellung des Kunststoffs Polystyrol	bei Ausgasungen schleimhautreizend, Augenentzündungen, Übelkeit, möglicherweise krebserregend

<sup>1)</sup> nach neueren Untersuchungen sind im Benzin heutzutage knapp 2 Massen% Benzol enthalten (Friedrich, Tappe 1997)

## 5 Unfälle

Bei der Nutzung verschiedener Fortbewegungsarten stellen Unfälle einen weiteren gesundheitsbedrohenden Faktor dar. Dabei gibt es mehrere Möglichkeiten das Unfallrisiko bei Inanspruchnahme der diversen Mobilitätsmöglichkeiten miteinander zu vergleichen. Durch unmittelbares Vergleichen absoluter Zahlen der verunglückten Personen nach Mobilitätsart kann nur schwer eine Aussage darüber getroffen werden, bei welcher Mobilitätsart das Risiko größer ist zu verunglücken. Es ist z.B. beim Vergleich der Zahlen von verunglückten Autofahrern und Radfahrern zu berücksichtigen, daß u.a. beim Autofahren wesentlich größere Strecken zurückgelegt werden. Des weiteren ist zu beachten, daß die Benutzungsdauer der verschiedenen Fortbewegungsarten variiert und Unterschiede in der Nutzung abhängig vom Weg zum Zielort auftreten (z.B. sich in der Stadt oder auf der Autobahn fortzubewegen). Deshalb wäre es sinnvoll, die Zahl der Verunglückten mit der Dauer der Verkehrsbeteiligung oder der zurückgelegten Strecke in Beziehung zu setzen. Außerdem spielt für das Unfallrisiko auch das Alter eine Rolle.

Bei Unfällen in der Stadt dürften die gesundheitlichen Folgen für Pkw-Fahrer aufgrund der geringeren Geschwindigkeiten oft weniger gravierend sein als auf der Autobahn. Für Fußgänger und Radfahrer sind bei Unfällen allgemein die Konsequenzen schlimmer als für Autofahrer, da sie viel weniger geschützt und dadurch verletzungsgefährdeter sind. Dies belegt auch die Angabe, daß 75 % der Opfer bei Unfällen im Stadtverkehr 1992 Fußgänger und Radfahrer (zu einem großen Teil Kinder, Jugendliche und ältere Menschen) waren (Burwitz et al. 1992, S. 21).

In geschlossenen Ortschaften ereignen sich die meisten Unfälle. Im Jahre 1983 traf dies auf 69 % der Unfälle mit Personenschaden zu (Burwitz et al. 1992, S. 22).

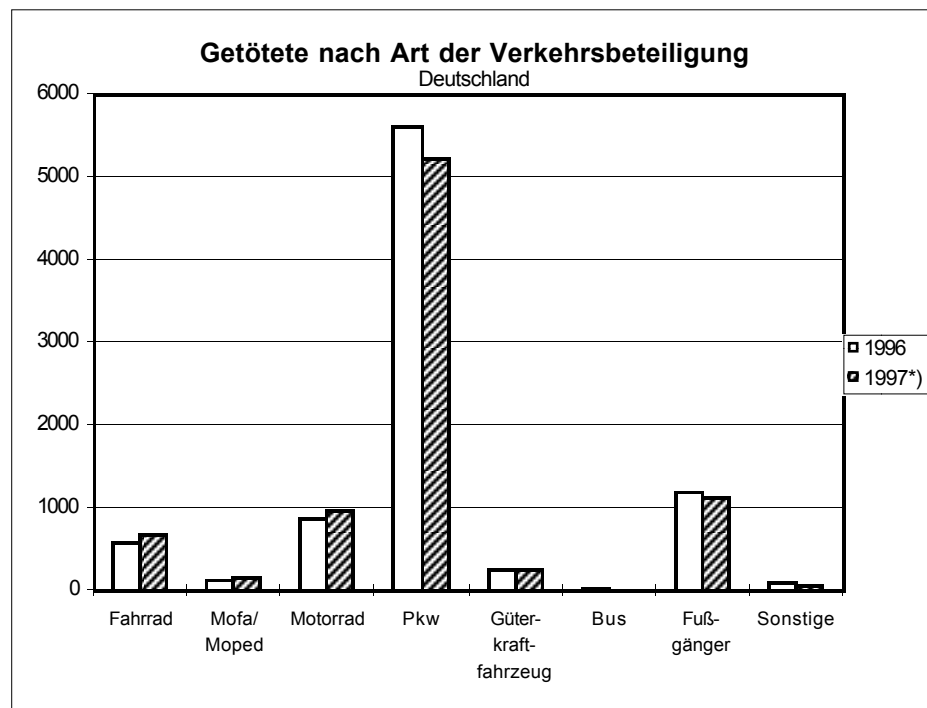
Aus diesen beiden Angaben läßt sich folgern, daß das Risiko für Fußgänger und Radfahrer im Straßenverkehr zu verunglücken recht hoch ist, wobei auch das Alter als Risikofaktor zu berücksichtigen ist.

Im Anhang ist in der Tabelle A1 die Anzahl der bei Straßenverkehrsunfällen Getöteten und Verletzten nach Art der Verkehrsbeteiligung für die Jahre 1975-1995 zusammengestellt.

Es ist festzustellen, daß die Zahl der Getöteten im Straßenverkehr seit den siebziger Jahren abgenommen hat. Dies ist aber nicht unbedingt auf ein vermindertes Unfallrisiko zurückzuführen, sondern vor allem auf eine größere Sicherheit in den Autos (bessere Gurttechnik, Airbags, Kopfstützen, usw.) und eine verbesserte Unfallmedizin (Burwitz et al. 1992, S. 20 f.). Der gesunkenen Anzahl von Verkehrstoten steht folglich eine erhöhte Anzahl von Verletzten gegenüber (vgl. Tabelle A1 im Anhang).

Getötete bei Verkehrsunfällen waren 1996 und 1997 in Deutschland überwiegend Fahrer bzw. Beifahrer von Pkws. 1996 machen sie etwa 64 % der Verkehrstoten aus (vgl. Abbildung 6).

**Abbildung 6: Getötete bei Verkehrsunfällen nach Art der Beteiligung für die Jahre 1995 und 1996 in Deutschland (nach: Nicodemus 1998, S. 418)**



\*) Vorläufiges Ergebnis

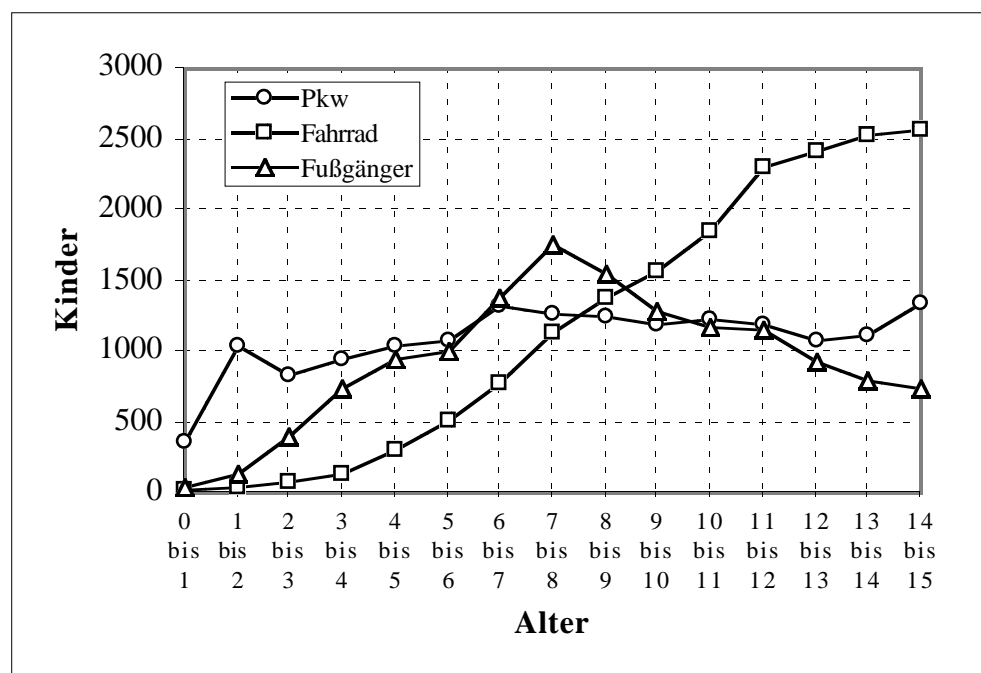
Für den ÖPNV (inkl. Bahn) ist das Risiko bei seiner Benutzung tödlich zu verunglücken gering im Vergleich zu den anderen Arten der Verkehrsbeteiligung (vgl. Abbildung 6). Auch Verletzte sind vergleichsweise selten (Nicodemus 1998, S. 418).

Wenn man die Zahl der Kinderunfälle in Deutschland der letzten Jahre vergleicht, stellt man fest, daß diese trotz der immer größer werdenden Zahl von Autos auf den Straßen gesunken ist. Dies erweckt den Anschein, daß die Verkehrssicherheit für Kinder zugenommen hat und für diese folglich ein geringeres gesundheitliches Risiko besteht, wenn sie auf der Straße als Fußgänger oder Radfahrer unterwegs sind. Tatsächlich hat aber das Risiko gar nicht ab-, sondern im Gegenteil, zugenommen. Die niedrigeren Zahlen sind darauf zurückzuführen, daß Kinder sich heutzutage weniger im Straßenverkehr aufhalten als früher (näheres hierzu: siehe Kapitel 6.1).

In der Abbildung 7 sind die Zahlen der 1997 im Straßenverkehr verunglückten Kinder (Getötete und Verletzte zusammengefasst) bis 15 Jahre nach Fortbewegungsart getrennt (Fußgänger, Radfahrer, Pkw-Mitfahrer) dargestellt.



**Abbildung 7: 1997 verunglückte Kinder im Straßenverkehr nach Fortbewegungsart (Getötete und Verletzte zusammengefasst) (nach: Statistisches Bundesamt 1998, S. 11)**



Es ist aus der Graphik zu erkennen, daß die Zahl der mit dem Fahrrad verunglückten Kinder mit dem Alter zunimmt und die Zahl der verunglückten Kinder als Fußgänger bei den 7-8jährigen eine Spitze erreicht. Die Zahl der als Pkw-Mitfahrer verunglückten Kinder ändert sich mit dem Alter nur unwesentlich. Es ist insgesamt festzustellen, daß kleinere Kinder häufiger als Fußgänger verunglücken und ältere (ab 10 Jahren) häufiger mit dem Fahrrad. Dies ist damit zu erklären, daß 10-15jährige Kinder verstärkt mit dem Fahrrad unterwegs sind und dafür weniger als Fußgänger (Gwinner et al. 1996, S. 16).

Die Unfallrate älterer Menschen weist mit zunehmendem Alter eine steigende Tendenz auf. Wenn man nach Männern und Frauen unterscheidet, stellt man fest, daß die Rate für Männer als Pkw-Fahrer ab 75 steigt und bei Frauen dagegen rückläufig ist. Bei der Unfallrate (Unfall je Mio. km) für ältere Menschen als Fußgänger und Radfahrer ab 65 ist aber für beide Geschlechter eine steigende Tendenz festzustellen (Rompe 1989, S. 2).

Wenn man das Risiko älterer Menschen als Fußgänger zu verunglücken bezogen auf 1 Mio. Stunden Verkehrsbeteiligungsdauer mit dem als Autofahrer vergleicht, beträgt das Risiko für Fußgänger nur ein Drittel des Risikos von Pkw-Fahrern. Wenn man das Risiko hingegen in Abhängigkeit von der zurückgelegten Strecke vergleicht, ist das Risiko von älteren Menschen als Fußgänger bezogen auf 1 Mio. km zu verunglücken viermal so groß wie das von jenen als Pkw-Fahrer. Dies ist nicht weiter verwunderlich, denn als Autofahrer legt man in der selben Zeit viel größere Strecken zurück als zu Fuß (Rompe 1989, S. 2).

Wenn ältere Menschen verunglücken, sind die gesundheitlichen Folgen für sie meist gravierender als für jüngere, da sie allgemein körperlich anfälliger sind und sich schlechter von Unfällen erholen können. Der Tod als Unfallfolge tritt bei ihnen häufiger auf. Oft versterben die älteren Menschen nicht an dem Unfall direkt, sondern an späteren Komplikationen (Rompe 1989, S. 3 f.).

## **6 Spezielle Zielgruppen: Auswirkungen der Verkehrsmittelnutzung auf Kinder und ältere Menschen**

In diesem Kapitel werden die gesundheitlichen Konsequenzen der Fortbewegungsart für Kinder und ältere Menschen betrachtet, da diese beiden Gruppen auf gesundheitsbeeinträchtigende Faktoren besonders empfindlich reagieren und sich in einem Lebensabschnitt befinden, in dem sie gewissen Einschränkungen ausgesetzt sind. Es wird in diesem Zusammenhang nicht mehr auf die Unfallrisiken von Kindern und älteren Menschen eingegangen, da diese im Kapitel 5 schon behandelt wurden.

### **6.1 Folgen für Kinder**

Für Kinder haben das Fahrradfahren und das Z Fußgehen eine besondere Bedeutung, da diese zu ihrer körperlichen und seelischen Entwicklung beitragen. Kinder gehen oder fahren oft nicht zielgerichtet zu einem bestimmten Ort, sondern streifen durch die Umgebung, um sie zu erkunden, spielen auf der Straße und benutzen das Fahrrad als Spielzeug. Häufig wird das zusammen mit anderen Kindern getan. Auf diese Weise schulen sie u.a. ihre motorischen Fähigkeiten, lernen soziales Verhalten und werden selbständig.

Aufgrund der Straßenstruktur und des starken Verkehrs auf den Straßen haben Kinder heutzutage oft nicht mehr die Möglichkeit, oder nur noch sehr eingeschränkt, selbständig auf die Straße zu gehen oder mit dem Fahrrad herumzufahren. Sie verbringen viel mehr Zeit zu Hause, u.a. vor dem Fernsehgerät. Wenn Kinder auf die Straße gehen, dann oft in Begleitung eines Elternteils, die sich aufgrund des Straßenverkehrs um ihre Kinder sorgen. Des weiteren sind Kinder, im Gegensatz zu früher, wesentlich häufiger als Mitfahrer unterwegs, da viele Eltern ihre Kinder mit dem Auto zum Kindergarten, zur Schule oder zu Freizeitaktivitäten bringen (Gwinner et al. 1996, S. 15 ff.).

Diese Entwicklung hat für Kinder gravierende gesundheitliche Konsequenzen physischer und psychischer Art, da sie sich in ihrer Entwicklungsphase befinden und viele Fähigkeiten bei ihnen erst ausgebildet werden müssen. So ist bei vielen Kindern, denen diese außerhäuslichen

Aktivitäten fehlen, die Muskulatur aufgrund des Bewegungsmangels nicht genug ausgeprägt, und viele weisen Haltungsschäden auf. Es treten bei ihnen motorische Fehlentwicklungen auf und Störungen des Gleichgewichts- und Orientierungssinns, was z.B. dazu führt, daß viele nicht mehr richtig rückwärts gehen können, auf gerader Strecke Zickzack laufen, Arme und Beine im falschen Rhythmus zueinander bewegen und allgemein weniger körperliche Geschicklichkeit aufweisen. Sie verunglücken leichter und gravierender, da sie keine Auffangbewegungen mehr machen. Sie haben schlecht entwickelte innere Landkarten und aufgrund mangelnden räumlichen Vorstellungsvermögens Rechenschwächen. Des weiteren sind betroffene Kinder häufig weniger selbständig, stärker auf ihre Eltern fixiert und im extremen Fall sogar in ihrer Kontakt- und Beziehungsfähigkeit gestört (Gwinner et al. 1996, S. 15 ff.).

Um diese Defizite zu beheben, müßte Kindern heutzutage wieder die Möglichkeit gegeben werden, frei und unabhängig als Fußgänger oder Radfahrer auf den Straßen sich bewegen und spielen zu können. Hierzu müßte der Straßenverkehr zurückgedrängt und z.B. verkehrsberuhigte Zonen geschaffen werden.

## 6.2 Folgen für ältere Menschen

In einer vergleichenden Studie vom Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung aus dem Jahr 1995 zwischen der westdeutschen Stadt Mannheim und der ostdeutschen Stadt Chemnitz im Rahmen des Projekts „Erhaltung von Mobilität zur sozialen Teilhabe im Alter“ wurde u.a. die Bedeutung des Autos für ältere Menschen untersucht.

Hierbei wurden ältere Menschen nach ihrer Zufriedenheit mit ihren Möglichkeiten gefragt, überall dorthin zu kommen, wohin sie möchten, sowohl als Fußgänger, Radfahrer oder als Autofahrer. Die Ergebnisse der Befragung älterer Menschen bezüglich ihrer Zufriedenheit mit ihren Mobilitätsmöglichkeiten sind im Anhang in der Tabelle A2 zusammengetragen. Es wird in der Tabelle jeweils nach Autofahrern und Nicht-Autofahrern unterschieden und die Zufriedenheit mit den Mobilitätsmöglichkeiten jeweils abhängig vom Alter, von der Wohnregion, von der Bewegungsfähigkeit und vom Vorhandensein eines Pkws im Haushalt betrachtet. Es war bei der Befragung festzustellen, daß die Zufriedenheit mit den Mobilitätsmöglichkeiten in der Gruppe der Nicht-Autofahrer bei beiden Städten mit Zunahme der Beeinträchtigung der Bewegungsfähigkeit, mit zunehmendem Alter und größer werdender Entfernung der Wohnung vom Zentrum abgenommen hat. In der Gruppe der Autofahrer hingegen blieb insgesamt ein höheres Niveau der Zufriedenheit bestehen und stieg in manchen Fällen sogar etwas an. Die Zufriedenheit wurde in erster Linie nicht davon beeinflusst, ob ein Auto im Haushalt vorhanden war, sondern ob selbst Auto gefahren wurde (Mollenkopf, Flaschenträger 1996, S. 50 f.).

Insgesamt läßt sich zusammenfassen, daß vor allem ältere Menschen, die nicht selber über einen Pkw verfügen konnten, sich in ihrer Mobilität eingeschränkt fühlten und mit ihrer Situation entsprechend unzufriedener waren als jene, die selber Auto fuhren.

Die höhere Zufriedenheit der autofahrenden älteren Menschen mit ihrer Situation wirkt sich positiv auf ihr inneres Gleichgewicht und ihr Allgemeinbefinden aus, was letztendlich einen gesundheitsfördernden Effekt bedeutet.

Gerade für ältere Menschen, die in ihrer Bewegungsfähigkeit beeinträchtigt sind, stellt das Auto eine Möglichkeit dar, mobil zu bleiben und am aktiven Leben teilzunehmen. In einer weiteren Befragung im Rahmen des erwähnten Projekts wurde z.B. ermittelt, daß ältere Menschen mit eingeschränkter Bewegungsfähigkeit mit ihren Freizeitmöglichkeiten unzufriedener sind als jene mit besserer Bewegungsfähigkeit (Mollenkopf, Flaschenträger 1996, S. 43). Mit einem Auto wäre vielen dagegen die Möglichkeit gegeben, selbstbestimmt außerhäuslichen Aktivitäten nachzugehen und soziale Kontakte zu pflegen. Ältere Menschen, die sich nicht gebraucht fühlen und weniger soziale Kontakte haben, bauen gesundheitlich oft schneller ab.

Es ist aber zu bemerken, daß z.B. mangelnde soziale Kontakte, unter denen oft viele nicht mehr so aktive und bewegungsfähige ältere Menschen leiden, u.a. auf zerstörte soziale Strukturen zurückzuführen sind, was vor allem auf städtische Gebiete zutrifft. So kann die Patentlösung für die dargestellten Probleme nicht sein, älteren Menschen so weit wie möglich das Autofahren zu ermöglichen.

Die Einschränkung in der Mobilität älterer Menschen ist außerdem nicht nur auf die eigene Bewegungsunfähigkeit und den persönlichen gesundheitlichen Zustand zurückzuführen, sondern hat auch externe Ursachen. So ergab sich als ein wichtiges Ergebnis der erwähnten Studie, daß viele ältere Menschen lieber in Begleitung auf die Straße gehen, den Verkehr auf den Straßen zu hektisch finden, ihnen zu viel Betrieb auf den Bürgersteigen ist, Verkehrsteilnehmer als zu rücksichtslos empfinden und Angst im Dunkeln haben (Mollenkopf, Flaschenträger 1996, S. 40 ff.).

Das Radfahren und das Zufußgehen ist gerade für ältere Menschen von gesundheitlicher Bedeutung, denn zumeist können sie nicht mehr irgendwelche anstrengenden Sportarten ausüben. Durch die Bewegung beim Radfahren und Zufußgehen wird ihr Körper gefordert, was sich positiv auf ihre Gesundheit auswirkt und sie länger aktiv bleiben läßt.

Es ist aber wie schon oben erwähnt zu berücksichtigen, daß viele ältere Menschen aus gesundheitlichen Gründen in ihrer Bewegungsfähigkeit eingeschränkt sind und nur bedingt oder gar nicht zu Fuß gehen können und entsprechend auch nicht Fahrrad fahren. Diese älteren Menschen können den Großteil ihrer anfallenden Wege schlecht mit dem Fahrrad oder zu Fuß zurücklegen und sind deshalb auf andere Fortbewegungsmöglichkeiten angewiesen.

## 7 Zusammenfassung

Bei der Beantwortung der Frage, welche direkten gesundheitlichen Auswirkungen das persönliche Mobilitätsverhalten hat, ist zu beachten, daß Gesundheit die Folge eines komplexen Systems von Zusammenhängen ist. Einfache Kausalitäten lassen sich kaum erkennen. Es gibt eine Vielzahl von Faktoren, die für die menschliche Gesundheit relevant sind und von denen viele wahrscheinlich einen stärkeren Einfluß auf diese haben als die Verkehrsmittelwahl, wie möglicherweise die Ernährung, Bedingungen am Arbeitsplatz oder Gesundheitsrisiken in der Freizeit. Mobilität stellt nur einen Teil des menschlichen Lebensalltags dar.

Bei der Bestimmung der unmittelbaren gesundheitlichen Auswirkungen des Mobilitätsverhaltens müssen zusätzlich zahlreiche Begleitumstände berücksichtigt werden. So macht es z.B. einen Unterschied, wo man Fahrrad fährt: Wenn man auf einer ruhigeren und abgelegeneren Straße fährt, ist dies wesentlich besser für die Gesundheit, als wenn man auf einer verkehrsreichen Straße fährt. Zum einen ist man weniger Abgasen ausgesetzt und hat zum anderen aufgrund der geringeren Verkehrsdichte ein niedrigeres Unfallrisiko. Auch die persönliche Veranlagung wie die Empfindlichkeit gegenüber Schadstoffen oder die innere Einstellung (z.B. ob man gerne Auto fährt oder nicht) und das Alter können die gesundheitlichen Auswirkungen bei der Nutzung der jeweiligen Mobilitätsformen beeinflussen.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Einschränkungen erscheint das Autofahren bezüglich der in dieser Untersuchung behandelten Faktoren wie Bewegung, Haltung, Streß, Schadstoffe und Unfälle als die für die Gesundheit am wenigsten günstige Fortbewegungsart. Mit ernsthaften gesundheitlichen Auswirkungen ist aber eher dann zu rechnen, wenn häufig und lange Auto gefahren wird, wie dies z.B. bei Berufskraftfahrern der Fall ist.

Um eine Übersicht über die wesentlichen Ergebnisse, der vorliegenden Arbeit zu geben, ist in der folgenden Tabelle 3 jeweils der Grad der gesundheitlichen Auswirkungen positiver oder negativer Art der wichtigsten in den vorangehenden Kapiteln behandelten Aspekte für die Fortbewegung mit dem Pkw, dem ÖPNV, dem Fahrrad und zu Fuß kurz zusammengestellt.

Die Unfälle als Faktor sind nicht in der Tabelle aufgeführt, da eine Zuordnung des Gesundheitsrisikos bei den diversen Mobilitätsformen diesbezüglich schwierig ist. Die Unfallgefahren hängen zum einen stark davon ab, wo man fährt bzw. geht, und andererseits ist das Ausmaß der Unfallfolgen neben der Wahl des Verkehrsmittels auch von der Geschwindigkeit abhängig. Auf der Autobahn, wo mit hohen Geschwindigkeiten gefahren wird, sind z.B. die Auswirkungen von Unfällen für Autofahrer in der Regel viel stärker als in der Stadt.

**Tabelle 3: Übersichtsschema zu den körperlichen und psychischen Auswirkungen der aktiven Verkehrsmittelnutzung**

<b>Einfluß auf die Gesundheit durch (Kapitelnr.)</b>	<b>Pkw</b>	<b>ÖPNV</b>	<b>Fahrrad</b>	<b>zu Fuß</b>
Ausgleich von Bewegungsmangel (2.1)	--	--	++	++
Haltung (2.2)	--	-	o+	++
Streßkompensation (3.2)	--	o-	++	++
psychische Wirkungen (3.3).	o	o	+	+
Schadstoffe (4)	--	o	o-	o-

-- = negativer Einfluß, - = eher negativer Einfluß, o = situationsabhängig, + = eher positiver Einfluß, ++ = positiver Einfluß

Als einen wesentlichen negativen Aspekt beim Autofahren ist die mangelnde Bewegung zu nennen. Viele Menschen in unserer heutigen Gesellschaft leiden aufgrund eines bewegungsarmen Lebensstils an den verschiedenen Folgen fehlender Bewegung. Durch häufiges und langes Autofahren wird eine solche Lebensweise gefördert, und der im Alltagsleben und vor allem direkt beim Autofahren anfallende Streß kann aufgrund von Bewegungsmangel nicht abgebaut werden. Zusätzlich wird häufiges Sitzen, was belastend für die Wirbelsäule ist, durch dieses gefördert. Im Wageninnenraum ist man außerdem in der Regel recht hohen Schadstoffkonzentrationen ausgesetzt, die negativ auf die Gesundheit wirken können.

Das Fahren mit Bus und Bahn hat gegenüber dem Autofahren insbesondere den Vorteil der geringeren Streßbelastung, da weniger einströmende Reize verarbeitet werden müssen und den des geringeren Unfallrisikos. Dagegen ist die Gesundheitsbelastung durch Schadstoffe im Fahrzeuginneren von Bussen ohne erhebliche Unterschiede. Bei der Bahn (Straßenbahn, U-Bahn, Zug) ist sie hingegen davon abhängig, wo diese fährt und bei Zügen zusätzlich von dem Antrieb (z.B. elektrisch oder mit Diesel). Bewegungsmangel kann mit der Nutzung des ÖPNVs auch nicht ausgeglichen werden.

Auch das Radfahren birgt gesundheitliche Risiken. Bei (extrem) häufigem Gebrauch des Fahrrads können die Wirbelsäule oder die Knie beeinträchtigt werden. Es läßt sich aber insgesamt aus den vorliegenden Ausführungen schließen, daß Radfahren oder Zufußgehen bei Betrachtung der verschiedenen Einflußfaktoren wie Bewegung, Haltung, Streß und Schadstoffe für die menschliche Gesundheit am besten sind. Im Gegensatz zum Autofahren gleicht das Zufußgehen oder das Radfahren Bewegungsmangel aus. Anfallender Streß wird durch die körperliche Aktivität abgebaut und ein Ausgleich für eine durch viel Sitzen belastete Wirbelsäule geschaffen.

Negativ auf die menschliche Gesundheit beim Zufußgehen oder Radfahren wirken sich mögliche Unfälle mit körperlichen und psychischen Folgen aus. Dieses gesundheitliche Risiko besteht aber auch für den Autofahrer. Das Risiko als Fußgänger oder Radfahrer zu verunglücken kann außerdem durch die Wahl einer entsprechend verkehrsberuhigten Umgebung gemindert werden.

Für Kinder als spezielle Zielgruppe ist die Mobilität für die körperliche und geistige Entwicklung von Bedeutung. Beim Zufußgehen und Fahrradfahren wird sie im Gegensatz zum Autofahren (als passive Beifahrer) gefördert.

Für viele ältere Menschen, die in ihrer Bewegungsfähigkeit eingeschränkt sind, stellt das Autofahren dagegen eine Möglichkeit dar, mobil zu bleiben und sich dadurch zufriedener zu fühlen, was letztendlich positiv auf ihre Gesundheit wirkt.

Abschließend läßt sich aus den Ausführungen der vorliegenden Arbeit folgern, daß bei der Betrachtung der gesundheitlichen Folgen des Verkehrs das eigene Mobilitätsverhalten durchaus relevant ist.

Bisherige Diskussionen zur Erfassung der externen Kosten des Verkehrs vernachlässigten diesen Aspekten und beschränkten sich auf die Erfassung passiv erfahrener gesundheitlicher Folgen wie etwa durch Abgas-, Lärmimmissionen und Unfälle. Zukünftig sollte versucht werden, die gesundheitlichen Konsequenzen der aktiven Verkehrsmittelnutzung in die Berechnungen externer Kosten einzubeziehen. Weitere Untersuchungen wären sinnvoll, um die Zusammenhänge zwischen dem Mobilitätsverhalten und den direkten gesundheitlichen Folgen besser kennenzulernen und präzisere Aussagen machen zu können.

## Literaturverzeichnis

- Altkrüger, I.; Bock, S. (1992), *Medizinische Psychologie, Medizinische Soziologie*, 2. Aufl., Jungjohann Verlagsgesellschaft, Neckarsulm, Stuttgart
- Baumbach, G. (1992), *Luftreinhaltung*, 2. Aufl., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg
- Bernhardt, H. (1984), Bewertung der Lärmbelastung beim Führen eines Pkw. In : Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC vom 25. bis 26. November 1983 in Baden-Baden, *Schriftenreihe Straßenverkehr*, **29**, ADAC
- Betz, E.; Reutter, K.; Mecke, D.; Ritter, H. (1991), *Biologie des Menschen*, 13. Aufl., Quelle und Meyer, Wiesbaden
- Blümcke, S. (Hrsg.) (1995), *Pathologie*, Walter de Gruyter, Berlin
- Bundesverkehrsministerium, Bonn (Hrsg.) (1996), *Verkehr in Zahlen 1996*, 25. Jahrgang
- Burwitz, H.; Koch, H.; Krämer-Badoni (1992), *Leben ohne Auto*, Rowohlt Taschenbuch Verlag GmbH, Reinbeck bei Hamburg
- Dachale, H. (1997), Pufferzone für den Po, *die tageszeitung*, 10. März
- Diekmann, A.; Preisendörfer, P. (1992), Persönliches Umweltverhalten: Diskrepanzen zwischen Anspruch und Wirklichkeit, *Kölner Zeitschrift für Soziologie und Sozialpsychologie*, **44**, 226-251
- (1995), „Autofahren kann sehr glücklich machen“, *Die Weltwoche*, 14. Dez.
- Drabert (1992), §1 der Sitzordnung: Jede(r) hat das Recht, richtig und gesund zu sitzen
- Eschment, W. (1992), Ziemliche dicke Luft hier, *Auto*, **18**, 6-7
- Friedrich, A.; Tappe, M. (1997), *Requirements for future fuel qualities in the European Union*, Umweltbundesamt (unveröffentlicht)
- Gwinner, R.; Krause, J.; Rau, P. (1996), Das Glück liegt auf der Straße, *Fairkehr*, **1**, 14-23
- Jeschke, C. (1994), *Persönliche Sicherheit - eine verhaltensrelevante Mobilitätsbedingung*, 139-146
- Krämer, J. (o.J.), *Übungsheft zur Verhinderung von Bandscheibenschäden*, Bochumer Rückenschule
- Kreisel, W. (1996), Umwelt und menschliche Gesundheit - eine globale Betrachtung aus der Sicht der WHO. In: Seidel, H. J., (1996), *Umweltmedizin*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Lippert, H. (1993), *Lehrbuch der Anatomie*, 3. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München
- Littig, B. (1995), *Die Bedeutung von Umweltbewußtsein oder: Was tun wir eigentlich, wenn wir umweltbewußt sind?*, Peter lang Verlag, Frankfurt a.M.



- Mollenkopf, H.; Flaschenträger, P. (1996), *Mobilität zur sozialen Teilhabe im Alter*, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Abteilung Sozialstruktur und Sozialberichterstattung, FS III 96-401, Berlin
- Mücke, W. (1984), Umwelthygienische Beurteilung von Luftschadstoffen im Kraftfahrzeuginnenraum. In: Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC vom 25. bis 26. November 1983 in Baden-Baden, *Schriftenreihe Straßenverkehr*, **29**, ADAC
- Müller-Limmroth, W. (1984), Autofahren ist Arbeit. In: Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC vom 25. bis 26. November 1983 in Baden-Baden, *Schriftenreihe Straßenverkehr*, **29**, ADAC
- Netterstrom, B.; Juel, K. (1988), Impact of work-related and psychosocial factors on the development of ischemic heart disease among urban bus drivers in Denmark, *Scand J Work Environ Health*, **14**, 231-238
- Nicodemus, S. (1996), Straßenverkehrsunfälle 1995. In: *Wirtschaft und Statistik*, 5
- Pschyrembel (1994), *Klinisches Wörterbuch*, 257. Aufl., Walter de Gruyter, Berlin
- Reutter, O.; Reutter, U. (1996), *Autofreies Leben in der Stadt. Autofreie Stadtquartiere im Bestand*, Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur, Dortmund
- Rompe, K. (1989), Folgerungen für die Sicherheit im Straßenverkehr im Hinblick auf sich ändernde Altersstrukturen der Bevölkerung, *TÜV Rheinland Pressereport*, **70c**
- Rosenmeyer, B. (1984), Die Arbeitshaltung „Sitzen im Auto“ aus orthopädischer Sicht. In: Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC vom 25. bis 26. November 1983 in Baden-Baden, *Schriftenreihe Straßenverkehr*, **29**, ADAC
- Rudolf, W. (1986), Belastung von Kfz-Insassen durch Luftschadstoffe. In: Luftverunreinigungen durch Kraftfahrzeuge in der Bundesrepublik Deutschland, Stand und Trend, *Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene*, **67**, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart
- Statistisches Bundesamt, Wiesbaden (1998), *Kinderunfälle im Straßenverkehr 1997*
- Theml, H. (1986), Um Leib und Leben. Medizinische Auswirkungen des Autoverkehrs. In: Bode, P. M.; Hamberger, S.; Zängl, W. (1986), *Alptraum Auto. Eine hundertjährige Erfindung und ihre Folgen*, Raben Verlag, München
- Vester, F. (1978), *Phänomen Streß*, dtv, Stuttgart
- Weber, H. J. (1984), Probleme aus der betriebsärztlichen Praxis mit dem Arbeitsplatz PKW. In: Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC vom 25. bis 26. November 1983 in Baden-Baden, *Schriftenreihe Straßenverkehr*, **29**, ADAC

## Anhang

**Tabelle A1: Straßenverkehrsunfälle - Getötete und Verletzte nach Art der Verkehrsbeteiligung (aus: Bundesverkehrsministerium 1996, S. 174)**

Jahr	Getötete (Anzahl)					Verletzte (in 1 000)						
	insgesamt	Führer und Mitfahrer von:				Fußgänger	insgesamt	Führer und Mitfahrer von:				Fußgänger
		Mofas, Mopeds	Kraft-rädern <sup>1)</sup>	Perso-nenkraft-wagen <sup>2)</sup>	Fahr-rädern			Mofas, Mopeds	Kraft-rädern <sup>1)</sup>	Perso-nenkraft-wagen <sup>2)</sup>	Fahr-rädern	
1975	14 870	721	1 211	7 050	1 409	3 973	457,8	33,0	37,7	269,1	40,4	60,0
1976	14 820	841	1 250	6 850	1 389	3 991	480,6	37,8	44,6	273,7	45,2	61,2
1977	14 978	880	1 272	7 258	1 360	3 748	508,1	43,2	43,0	293,9	47,7	61,9
1978	14 662	851	1 149	7 082	1 349	3 788	508,6	47,4	41,6	294,9	46,6	59,6
1979	13 222	799	1 251	6 442	1 174	3 159	486,4	49,9	42,5	272,0	47,7	56,3
1980	13 041	765	1 232	6 440	1 142	3 095	500,5	51,0	45,4	279,6	50,4	56,5
1981	11 674	599	1 319	5 778	1 069	2 620	475,9	42,2	51,1	259,3	53,2	53,1
1982	11 608	534	1 453	5 609	1 085	2 594	467,2	34,6	63,5	246,0	57,5	50,2
1983	11 732	500	1 350	6 038	1 068	2 489	489,2	30,6	69,2	263,1	61,4	49,5
1984	10 199	342	1 206	5 129	979	2 266	466,0	26,5	65,7	250,9	59,9	47,6
1985	8 400	325	1 070	4 182	768	1 790	422,1	22,3	56,6	226,0	59,3	43,4
1986	8 948	259	973	4 599	819	2 049	443,2	18,4	50,3	253,1	61,9	44,4
1987	7 967	211	876	4 250	730	1 686	424,6	15,6	39,0	256,9	55,9	41,7
1988	8 213	221	793	4 513	734	1 732	448,2	14,9	35,8	278,9	60,8	42,1
1989	7 995	210	747	4 355	808	1 651	449,4	13,5	33,2	280,8	66,3	39,8
1990	7 906	170	769	4 558	711	1 459	448,2	12,4	32,4	283,3	64,1	39,2
1991 <sup>3)</sup>	11 300	243	992	6 801	925	1 918	505,5	15,7	39,4	313,6	70,0	46,3
1992	10 631	251	903	6 431	906	1 767	516,8	16,1	36,3	320,1	77,5	46,4
1993	9 949	226	885	6 128	821	1 580	505,6	14,8	34,3	320,9	71,2	43,8
1994	9 814	222	934	5 966	825	1 469	516,4	16,1	37,4	323,9	73,5	43,4
1995	9 454	183	912	5 929	751	1 336	512,1	15,6	37,2	322,6	71,6	42,5

<sup>1)</sup> Einschließlich Kraftrollern

<sup>2)</sup> Einschließlich Kombinationskraftwagen

<sup>3)</sup> ab 1991 mit den neuen Bundesländern

**Tabelle A2: Zufriedenheit älterer Menschen mit ihren Mobilitätsmöglichkeiten (aus: Mollenkopf, Flaschenträger 1996, S. 51)**

	Chemnitz ( $\bar{X} = 7,3$ )			Mannheim ( $\bar{X} = 7,8$ )		
	Insgesamt	Autofahrer	Nicht-Autofahrer	Insgesamt	Autofahrer	Nicht-Autofahrer
<i>Alter</i>						
55-59 Jahre	7,6	7,7	7,4	7,9	8,5	6,8
60-64 Jahre	8,5	8,7	8,1	8,1	8,8	7,2
65-69 Jahre	7,3	7,8	7,1	8,7	8,9	8,4
70-74 Jahre	7,4	7,2	7,4	8,1	9,2	7,6
75-79 Jahre	7,4	8,0	7,3	7,8	8,1	7,6
ab 80 Jahre	6,4	8,5	6,2	7,1	8,3	6,8
<i>Wohnregion</i>						
Zentrum	7,4	8,7	7,0	8,1	8,4	7,9
Mittlerer Ring	7,6	7,9	7,6	7,8	8,3	7,4
Randgebiete	6,9	7,9	6,6	7,7	8,9	6,7
<i>Bewegungsfähigkeit</i>						
Nicht beeinträchtigt	7,9	7,6	8,0	8,5	8,7	8,2
Zeitweise beeinträchtigt	7,6	8,3	7,4	8,3	8,7	8,0
Ständig beeinträchtigt	6,8	8,4	6,4	7,1	8,2	6,6
<i>Pkw im Haushalt</i>						
Pkw vorhanden	7,7	8,1	7,1	8,3	8,5	7,7
Kein Pkw	7,0	-	7,0	7,2	-	7,2

- trifft nicht zu

Durchschnittswerte auf Zufriedenheitsskala von 0 (ganz und gar unzufrieden) bis 10 (ganz und gar zufrieden)

Frage: „Wie zufrieden sind Sie - alles in allem - mit Ihren Möglichkeiten, überall dahin zu kommen, wo Sie hin möchten, - sei es als Fußgänger, Radfahrer oder Autofahrer?“

N(Chemnitz) = 400; N(Mannheim) = 404

Datenbasis: Outdoor Mobility Survey 1995

# WUPPERTAL PAPERS DER ABTEILUNG VERKEHR

## ISSN 0949-5266

- Nr. 9 Andreas Pastowski, Rudolf Petersen (Hrsg.): Umwelt und strukturelle Entwicklungen im Güterverkehr. Ergebnisse studentischer Praktika (1); Februar 1994
- Nr. 10 Rudolf Petersen: Verkehrsvermeidung - Aufgabe heutiger und zukünftiger Verkehrspolitik; Februar 1994
- Nr. 16 Ulla Terlinden: Frauengerechte Stadtplanung. Vortrag am Wuppertal Institut, 24. Mai 1994; Mai 1994
- Nr. 19 Andreas Pastowski: Sponsoring im öffentlichen Personennahverkehr. Ein Beitrag zur ökologisch-ökonomischen Partnerschaft in der Region; Juli 1994
- Nr. 20 Andreas Pastowski, Rudolf Petersen (Hrsg.): Potentiale und Probleme ökonomischer Anreizinstrumente im Verkehr. Ergebnisse studentischer Praktika (2); Juli 1994
- Nr. 21 Stefanie Böge: Die Transportaufwandsanalyse. Ein Instrument zur Erfassung und Auswertung des betrieblichen Verkehrs; August 1994
- Nr. 43 Dietrich Brockhagen: Der Flugverkehr der Stadt Köln und das Klimabündnis. Eine Konfliktanalyse; Oktober 1995
- Nr. 44 Karl Otto Schallaböck, Markus Hesse (IÖW): Konzept für eine Neue Bahn; Oktober 1995
- Nr. 45 Martin Hüsing: Schienenverkehrskonzept Region Münster; Oktober 1995
- Nr. 47 Dorothee Lichtenthäler, Andreas Pastowski: Least-Cost Transportation Planning. Probleme und Potentiale der Übertragung von LCP auf die Mobilität; Dezember 1995
- Nr. 50 Lucie Hamelbeck: Umweltgerechte Straßennutzungsgebühren für den Güterverkehr; Januar 1996
- Nr. 52 Gudrun Mildner, Stefanie Böge: Früher gab es einen Laden um die Ecke. Eine vergleichende Transportanalyse von konventionellem und alternativem Handel; Februar 1996
- Nr. 56 Stefanie Böge: Freight Transport, Food Production and Consumption in the United States of America and in Europe or how far can you ship a bunch of onions in the United States?; Mai 1996
- Nr. 67 Volker Leifert: Air Pollution Control and Transport in Tehran; Januar 1997
- Nr. 78 Klaus-Dieter Schlünder: Bewertungskriterien für eine integrierte Betrachtungsweise des Ökosystems "Stadt"; August 1997
- Nr. 79 Andreas Pastowski: Decoupling Economic Development and Freight for Reducing its Negative Impacts; September 1997
- Nr. 80 Michael Frehn: Wenn der Einkauf zum Erlebnis wird. Die verkehrlichen und raumstrukturellen Auswirkungen des Erlebniseinkaufs in Shopping-Malls und Innenstädten; Februar 1998
- Nr. 84 Klaus-Dieter Schlünder Von der >Auto<-Stadt zur >Kinder<-Stadt Plädoyer für eine kindgerechte Stadtentwicklung; August 1998
- Nr. 85 Ueli Haefeli: Der finanzielle Handlungsspielraum städtischer Verkehrspolitik Eine akteurorientierte Analyse am Beispiel Bielefeld 1950-1994; September 1998
- Nr. 87 Isabelle Grimmenstein: Auswirkung der aktiven Verkehrsmittelnutzung auf die menschliche Gesundheit. Ergebnisse studentischer Praktika; Oktober 1998
- Nr. 94 Marion Klemme: Die Integration von Frauen bei der Aufstellung der "Lokalen Agenda 21". Entwicklung, Rahmenbedingungen, Beispiele; Juli 1999

Die Nachfrage nach dieser Schriftenreihe wächst stetig und die Versandkosten stellen für uns einen großen Kostenfaktor dar. Wir bitten jeden Besteller um Zusendung eines mit DM 3,00 Porto frankierten DIN A-4 Umschlags. Vielen Dank für Ihr Verständnis.  
Ihre Bestellungen richten Sie bitte an:

**Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH,  
Döppersberg 19, 42103 Wuppertal.**